



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Διπλωματική Εργασία

της

Τσούρμα Μαρίας

**Σχεδιασμός και κατασκευή ενός υβριδικού αμυντικού
αυτοματοποιημένου ρομποτικού συστήματος**

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Μηνάς Δασυγένης

Εργαστήριο Ψηφιακών Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών

Κοζάνη | Ιούλιος 2016



University of Western Macedonia

FACULTY OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF INFORMATICS & TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING

Thesis

by

Tsourma Maria

Design and construction of a hybrid defensive automatic robotic system

Supervisor: Dr. Minas Dasygenis

Laboratory of Digital Systems & Computer Architecture

Kozani | July 2016

© Τσούρμα Μαρία
© Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

“Σχεδιασμός και κατασκευή ενός αμυντικού αυτοματοποιημένου
ρομποτικού συστήματος”

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

.....

Δασυγένης Μηνάς

Λέκτορας

Επιβλέπων καθηγητής

.....

Σαρηγιαννίδης Παναγιώτης

Επίκουρος Καθηγητής

Μέλος επιτροπής

**Στην
οικογένειά μου**

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	15
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	17
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ	19
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	21
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	29
ABSTRACT	31
ΔΗΛΩΣΗ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ	33
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	35
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</i>	37
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	37
1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας	38
1.2 Κίνητρο Διεξαγωγής Εργασίας	41
1.3 Συνεισφορά στην επιστημονική κοινότητα και παρόμοιες εργασίες	41
1.4 Σύνοψη διπλωματικής εργασίας	43
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</i>	47
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	47
2.1 Προγραμματισμός Διαδικτύου	47
2.1.1 HTML	48
2.1.2 CSS	52
2.1.3 JavaScript	53
2.1.4 AJAX	54
2.1.5 PHP	55
2.1.6 MySQL	56

2.1.7 PHP Data Objects	58
2.1.8 Bootstrap	59
2.2 Αρχιτεκτονική Raspberry pi	60
2.2.1 Είδη Raspberry Pi	60
2.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά Raspberry Pi 2 Model B	62
2.2.3 Λογισμικό Raspberry Pi	64
2.3 Αρχιτεκτονική Arduino	66
2.3.1 Είδη Arduino	66
2.3.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά	69
2.3.3 Προγραμματισμός Arduino UNO	72
2.4 Πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού	73
2.4.1 Eclipse	74
2.4.2 Arduino IDE	75
2.4.3 Notepad ++	75
2.4.4 Sublime text editor	76
2.4.5 XAMPP	77
2.4.6 Gimp	78
2.4.7 Fritzting	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	81
ΌΡΑΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ	81
3.1 Όραση Μηχανής	81
Εφαρμογές της μηχανικής όρασης	86
Προβλήματα της ρομποτικής όρασης	87
3.2 Στερεοσκοπική όραση	89
3.3 Βιβλιοθήκη OpenCV	94
3.4 Κατάτμηση εικόνας	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	101
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	101
ΜΕΡΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	101
4.1 Ανίχνευση κινούμενου αντικειμένου	101
4.1.1 Αφαίρεση φόντου (Background subtraction)	102

4.1.2 Παραγωγή ιστογράμματος (Histogram)	107
4.1.3 Οπτική ροή (Optical Flow)	108
4.2 Ανίχνευση προσώπου	110
4.3 Αναγνώριση προσώπου	112
4.3.1 Αλγόριθμος Eigenfaces	114
4.3.2 Αλγόριθμος Fisherfaces	116
4.3.3 Αλγόριθμος Local Binary Patterns Histograms	118
4.4 Φίλτρα εικόνας	119
4.4.1 Διάβρωση εικόνας (erosion)	120
4.4.2 Φίλτρο διαστολής (dilation)	121
4.4.3 Διαβάθμιση (gradient)	121
4.5 Ο αλγόριθμος που αναπτύξαμε για τη διπλωματική εργασία	122
Προετοιμασία εικόνων	124
Ανίχνευση κίνησης	126
Ανίχνευση προσώπου	127
Αναγνώριση προσώπου	128
 <i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</i>	 133
 ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	 133
5.1 Θεωρητική προσέγγιση του ιστοχώρου	133
5.2 Απαιτήσεις συστήματος	135
5.3 Μεθοδολογία σχεδιασμού βάσεων δεδομένων	137
5.3.1 Πίνακας users	138
5.3.2 Πίνακας schedule	139
5.3.3 Πίνακας recover_pass	141
5.4 Λειτουργίες ιστοσελίδας	142
5.4.1 Λειτουργίες χρήστη	143
5.4.2 Ενέργειες διαχειριστή	144
5.4.3 Λειτουργίες σελίδας εισόδου	146
5.4.4 Λειτουργίες αρχικής σελίδας	149
5.4.5 Λειτουργίες καρτέλας Streaming	151
5.4.6 Λειτουργίες διαχείρισης συσκευής	151
5.4.7 Λειτουργίες διαχείρισης χρηστών	158

5.4.8 Λειτουργίες αρχείου	168
5.4.9 Προγραμματισμένες εργασίες	169
5.5 Επικοινωνία ιστοχώρου με εφαρμογή	170
5.6 Σύνοψη μετρικών κώδικα	174
5.6.1 Μέτρηση κώδικα πλήρους προγράμματος	174
5.6.2 Μέτρηση κώδικα δεύτερης έκδοσης προγράμματος	175
5.6.3 Μέτρηση κώδικα για το Arduino	175
5.6.4 Μέτρηση κώδικα για τον ιστοχώρο	176
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	179
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ	179
ΥΛΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	179
6.1 Υλικό μέρος συστήματος	180
6.1.1 Pan / tilt ηλεκτρικοί κινητήρες (servos) για τη μετάδοση κίνησης στους άξονες (x, y)	180
6.1.2 Βάση στήριξης	181
6.1.3 Πλαϊνά στηρίγματα και κεντρική βάση στήριξης	183
6.1.4 Επιλογή μηχανισμού	185
6.2 Ηλεκτρονικά μέσα και μεταφορά ρεύματος	186
6.3 Σχεδιασμός και λειτουργία κατασκευής-συστήματος	191
6.4 Ασφάλεια και μοντέλο ανάλυσης συστήματος	197
Μοντέλο ανάλυσης συστήματος (S.W.O.T.)	199
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	201
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	201
ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ	201
7.1 Σύνοψη και συμπεράσματα	202
7.2 Προβλήματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση	205
7.3 Μελλοντικές επεκτάσεις	207
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	209
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'	213
MOCKUPS ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ	213

Είσοδος χρήστη	214
Μενού επιλογών διαχειριστή	215
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄	 225
ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ OPENCV	225
Βήμα 1- Λήψη της βιβλιοθήκης OpenCV	226
Βήμα 2- Λήψη της βιβλιοθήκης OpenNI	226
Βήμα 3- Εγκατάσταση και μεταγλώττιση της βιβλιοθήκης OpenCV	226
Βήμα 4 -Λογισμικό ανάπτυξης προγράμματος και σύνδεσή του με τη βιβλιοθήκη	227
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄	 231
ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ	231
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ΄	 235
ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ARDUINO IDE	235
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε΄	 239
ΣΧΗΜΑΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	239

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ετικέτες HTML.	51
Πίνακας 2: Είδη Raspberry Pi.	62
Πίνακας 3: Είδη μικροελεγκτών Arduino.	69
Πίνακας 4: Πίνακας users. Στον πίνακα αυτό αποθηκεύονται οι χρήστες του συστήματος.	138
Πίνακας 5: Πίνακας schedule. Στον πίνακα αυτό αποθηκεύονται οι ημερομηνίες και οι ώρες του χρονοπρογραμματισμού έναρξης και λήξης του συστήματος.	140
Πίνακας 6: Πίνακας recover_pass. Στον πίνακα αυτό αποθηκεύεται το e-mail του ατόμου που έχει ζητήσει αλλαγή κωδικού και ο τυχαίος αριθμός που του έχει σταλεί στο e-mail επιβεβαίωσης. Για να γίνει η αλλαγή του κωδικού, πρέπει το e-mail του χρήστη να ταυτίζεται με τον τυχαίο αριθμό που του αντιστοιχεί στον πίνακα αυτό.	141
Πίνακας 7: Μέτρηση κώδικα πλήρους έκδοσης της εφαρμογής	175
Πίνακας 8: Μέτρηση κώδικα δεύτερης έκδοσης εφαρμογής.....	175
Πίνακας 9: Μέτρηση του κώδικα για τον προγραμματισμό κινήσεων του Arduino	176
Πίνακας 10: Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της κατασκευής.....	187
Πίνακας 11: Κόστος εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της συσκευής.	189
Πίνακας 12: Συνολικά κόστη της συσκευής με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς υλικών που μπορούν να γίνουν. Το όπλο που έχει υπολογιστή στο συνολικό κόστος είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα εργασία. Το κόστος αυξάνεται ή μειώνεται ανάλογα με την κάμερα την οποία θα θελήσει να χρησιμοποιήσει ο χρήστης.	190
Πίνακας 13: Σύγκριση ποσοστού επιτυχημένης αναγνώρισης με αριθμό δείγματος φωτογραφιών. Το ποσοστό αναγνώρισης που αναγράφεται αφορά ένα δείγμα φωτογραφιών που έχει χρησιμοποιηθεί για ένα μεμονωμένο άτομο.	204

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Σύνδεση του πεδίου της όρασης μηχανής με άλλα επιστημονικά πεδία [1].	85
Σχήμα 2: Βασικά συστατικά του OpenCV [4].	96
Σχήμα 3: Τα έξι στάδια του αλγορίθμου της διπλωματικής εργασίας.	124
Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής πλήρους προγράμματος που εκτελείται σε υπολογιστές με περιβάλλον Linux.	131
Σχήμα 5: Διάγραμμα ροής δεύτερου προγράμματος που εκτελείται στο μικροϋπολογιστή Raspberry Pi.	132
Σχήμα 6: Αναπαράσταση του ηλεκτρονικού κυκλώματος που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των κινήσεων του όπλου και της σκανδάλης. Η δίοδος, η αντίσταση και το τρανζίστορ που χρησιμοποιήθηκαν είναι ανάλογα της παροχής ρεύματος (12V) που χρησιμοποιήθηκε.	188
Σχήμα 7: Σχηματική αναπαράσταση απόστασης κάμερας από το αντικείμενο για τη μετατροπή των pixel σε μοίρες.	194

Κατάλογος Εξισώσεων

Εξίσωση 1: Εξίσωση μετατροπής τιμών pixel σε μοίρες με βάση τριγωνομετρικές σχέσεις. Με βάση το αποτέλεσμα της εξίσωσης αυτής γίνεται η κίνηση του όπλου.	195
---	-----

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Παράδειγμα HTML αρχείου.....	49
Εικόνα 2: Σύνταξη κανόνα CSS.	53
Εικόνα 3: Παράδειγμα κώδικα σε JavaScript.....	54
Εικόνα 4: Επικοινωνία με τη χρήση AJAX.....	55
Εικόνα 5: Αλληλεπίδραση βάσης δεδομένων με MySQL Server.	57
Εικόνα 6: Παράδειγμα επιλογής συγκεκριμένων χαρακτηριστικών από έναν πίνακα της βάσης με τη χρήση PDO κατά την εκτέλεση του ερωτήματος.	59
Εικόνα 7: Το λογότυπο του Bootstrap στο οποίο φαίνονται και οι συσκευές στις οποίες είναι ορατή η σελίδα που έχει αναπτυχθεί μέσα στο εν λόγω πλαίσιο.	59
Εικόνα 8: Raspberry Pi Model A.	61
Εικόνα 9: Raspberry Pi 1 Model B 512 RAM.	61
Εικόνα 10: Raspberry Pi 1 Model B+.	62
Εικόνα 11: Raspberry Pi 2 Model B.	62
Εικόνα 12: Μικροϋπολογιστής Raspberry Pi 2.	63
Εικόνα 13: GPIO Pins.	64
Εικόνα 14: Arduino UNO.....	66
Εικόνα 15: Arduino Ethernet.....	67
Εικόνα 16: Arduino Leonardo.	67
Εικόνα 17: Arduino Fio.....	67
Εικόνα 18: Arduino Mega ADK.....	68

Εικόνα 19: Arduino Due.....	68
Εικόνα 20: Arduino Υύπ.	68
Εικόνα 21: Arduino Micro.....	69
Εικόνα 22: Μικροεπεξεργαστής Atmega 16U2.....	70
Εικόνα 23: Pins τροφοδοσίας.	70
Εικόνα 24: Ψηφιακά pins εισόδου / εξόδου Arduino UNO.	71
Εικόνα 25: Δομή κώδικα για το Arduino στο εργαλείο Arduino IDE.....	73
Εικόνα 26: Περιβάλλον εργασίας της πλατφόρμας Eclipse Kepler.....	74
Εικόνα 27: Πλατφόρμα Arduino IDE.	75
Εικόνα 28: Περιβάλλον εργασίας του προγράμματος Notepad ++.	76
Εικόνα 29: Περιβάλλον εργασίας του προγράμματος Sublime text [15].....	77
Εικόνα 30: Εργαλείο XAMPP.	78
Εικόνα 31: Δημιουργία λογότυπου στο εργαλείο GIMP.	79
Εικόνα 32: Περιβάλλον εργασίας προγράμματος Fritzing.....	80
Εικόνα 33: Η εικόνα ενός αυτοκινήτου όπως γίνεται αντιληπτή από την όραση μηχανής. Οι αριθμοί που αντιλαμβάνεται το σύστημα αντιστοιχούν σε διάφορες συνιστώσες του αντικειμένου το οποίο απεικονίζεται, στην παρούσα εικόνα τον καθρέπτη του αυτοκινήτου. 83	
Εικόνα 34: Εικόνες από διαφορετική οπτική γωνία για το σχηματισμό στερεοσκοπικής εικόνας [4].	89
Εικόνα 35: Παράδειγμα διαδικασίας stereo rectification [4].....	91
Εικόνα 36: Microsoft Kinect.	92
Εικόνα 37: Asus Xtion Pro.....	93

Εικόνα 38: Asus Xtion Pro Live.	93
Εικόνα 39: Κατάτμηση μιας εικόνας και εισαγωγή ετικέτας στα pixel [17].	99
Εικόνα 40: Τεχνική αφαίρεσης φόντου.	104
Εικόνα 41: Μέθοδοι αφαίρεσης φόντου.	106
Εικόνα 42: (α) Η εικόνα (β) το ιστόγραμμα της.	107
Εικόνα 43: Διάνυσμα μετατόπισης αντικειμένου.	108
Εικόνα 44: Ανίχνευση αντικειμένου με τον αλγόριθμο Lucas-Kanade.	109
Εικόνα 45: Εξαγωγή χαρακτηριστικών με το μετασχηματισμό Haar.	111
Εικόνα 46: Διαφοροποιήσεις εικόνας ανάλογα με το φωτισμό [21].	114
Εικόνα 47: Στην εικόνα απεικονίζεται ο φωτισμός σε κάθε φωτογραφία του δείγματος. Με κόκκινο είναι οι περιοχές με έντονο φως ενώ με μπλε οι περιοχές που έχουν τη μικρότερη δυνατή τιμή φωτός.	116
Εικόνα 48: Δείγμα εικόνων έτσι όπως έχουν κατασκευαστεί με την προβολή τους στο γραμμικό υποχώρο.	117
Εικόνα 49: Διαδικασία αλλαγής τιμών στον αλγόριθμο Local Binary Patterns Histograms.	118
Εικόνα 50: Αποτέλεσμα επεξεργασίας εικόνας με τον αλγόριθμο Local Binary Patterns Histograms.	119
Εικόνα 51: (α) Η αρχική εικόνα (β) Η εικόνα μετά από διάβρωση.	120
Εικόνα 52: Εικόνα ύστερα από χρήση φίλτρου διαστολής.	121
Εικόνα 53: Εικόνα έπειτα από την εφαρμογή φίλτρου διαβάθμισης.	121
Εικόνα 54: (α) Αρχική εικόνα του χώρου. (β) Το αντικείμενο που εισάγεται στο οπτικό πεδίο της κάμερας έχει διαστάσεις μικρότερες από το κατώφλι που έχει οριστεί, με αποτέλεσμα να αποθηκεύεται η φωτογραφία του στη μνήμη του υπολογιστή και το πρόγραμμα να συνεχίζει για να ανιχνεύσει την επόμενη κίνηση. (γ) Ανίχνευση αντικειμένου με διαστάσεις	

μεγαλύτερες από το κατώφλι. Στην περίπτωση αυτή ο αλγόριθμος περνά στο επόμενο στάδιο της ανίχνευσης προσώπου για να διαπιστώσει εάν το αντικείμενο είναι άνθρωπος (έχει πρόσωπο) ή όχι. 127

Εικόνα 55: Στο παραπάνω mockup απεικονίζεται η αρχική σελίδα κατά την οποία γίνεται η πιστοποίηση του χρήστη. Εάν ο χρήστης εισέλθει στο σύστημα ως διαχειριστής, τότε θα μεταφερθεί στον ανάλογο πίνακα ελέγχου της σελίδας, καθώς ο διαχειριστής έχει διαφορετικά δικαιώματα και επιλογές από τον απλό χρήστη. 144

Εικόνα 56: Αρχική σελίδα ιστοχώρου. Η είσοδος του χρήστη γίνεται με το όνομα χρήστη και τον κωδικό που έχει επιλέξει. 147

Εικόνα 57: Αίτημα αλλαγής κωδικού. Με την εισαγωγή του σωστού e-mail του χρήστη, γίνεται έλεγχος των στοιχείων στη βάση δεδομένων σχετικά με το αν υπάρχει το e-mail σε κάποια εγγραφή ή όχι. 147

Εικόνα 58: Αυτό είναι το E-mail που στέλνεται στο χρήστη που αιτήθηκε αλλαγή κωδικού. Η σελίδα που επισυνάπτεται θα ανακατευθύνει το χρήστη σε μια νέα σελίδα η οποία εμφανίζεται στην παρακάτω Εικόνα 59. 148

Εικόνα 59: Σελίδα αλλαγής κωδικού. Στη διεύθυνση της σελίδας αυτής εμφανίζεται η διεύθυνση e-mail του χρήστη και ο τυχαίος αριθμός που αντιστοιχεί στη διεύθυνση αυτή. Εάν κάποια από τις δύο παραπάνω παραμέτρους δεν είναι σωστή (έλεγχος κατά τη φόρτωση), τότε δεν φορτώνεται καθόλου η σελίδα. 149

Εικόνα 60: (α) Αρχική σελίδα διαχειριστή (administrator). Στη σελίδα αυτή παρουσιάζεται το αρχείο με τα στοιχεία αναγνώρισης τα οποία έχουν παραχθεί από το αντίστοιχο λογισμικό αναγνώρισης. Ακόμη, σε μελλοντική επέκταση θα υπάρχει και αισθητήρας θερμοκρασίας. (β) Λόγω αυξημένου μεγέθους του Logfile, έχει εισαχθεί ο κατάλληλος κώδικας (pagination) ώστε να χωρίζονται τα αποτελέσματα σε σελίδες. Με τη βοήθεια του κώδικα αυτού είναι πιο εύκολη η αναζήτηση αποτελεσμάτων στο Logfile. Το ίδιο συμβαίνει και στη σελίδα του απλού χρήστη. 150

Εικόνα 61: Αρχική σελίδα κατά την είσοδο ενός απλού χρήστη. Το Logfile παραμένει ίδιο, όπως στη σελίδα του διαχειριστή. 151

Εικόνα 62: Επιλογή ενεργοποίησης - απενεργοποίησης συστήματος. 153

Εικόνα 63: Επιλογή χρόνου για ετεροχρονισμένη ενεργοποίηση - απενεργοποίηση συστήματος. Η περίπτωση που απεικονίζεται παραπάνω, αφορά την περίπτωση χρήσης μιας μόνο κάμερας.....	153
Εικόνα 64: Σε περίπτωση όπου υπάρχουν περισσότερες από μια κάμερες συνδεδεμένες με τον υπολογιστή, τότε ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποια κάμερα θέλει να ενεργοποιήσει. Στην απενεργοποίηση δεν συμβαίνει το ίδιο, καθώς η κάμερα που χρησιμοποιείται το λογισμικό κλείνει με τον τερματισμό της εφαρμογής.	154
Εικόνα 65: Επιλογή χρόνου για ετεροχρονισμένη ενεργοποίηση - απενεργοποίηση συστήματος με επιλογή θύρας για το Arduino. Η περίπτωση που απεικονίζεται παραπάνω, αφορά την περίπτωση χρήσης περισσότερων από μία καμερών.....	154
Εικόνα 66: Χρονοπρογραμματισμός ενεργοποίησης - απενεργοποίησης συστήματος. Στο σημείο αυτό ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τόσο την ημερομηνία, όσο και την ώρα που θέλει να ενεργοποιηθεί / απενεργοποιηθεί το σύστημά του.	155
Εικόνα 67: Προσωρινή απενεργοποίηση συστήματος. Οι επιλογές που δίνονται στο χρήστη αφορούν την απενεργοποίηση του συστήματος για 30, 60 και 90 λεπτά. Μετά το πέρας του χρόνου αυτού το σύστημα ξεκινάει ξανά.....	156
Εικόνα 68: Επιλογή τρόπου ενημέρωσης του χρήστη από το σύστημα.	157
Εικόνα 69: Καρτέλα FTP Settings.	157
Εικόνα 70: Καρτέλα HTTP Alarm Settings.	158
Εικόνα 71: Δημιουργία νέου χρήστη. Εάν σε κάποιο πεδίο τα στοιχεία που έχει εισάγει ο χρήστης δεν είναι σωστά, τότε δεν γίνεται η εισαγωγή του χρήστη στο σύστημα. Παράλληλα με την εγγραφή του χρήστη δημιουργείται και ο φάκελος του, με το username του, ώστε να χρησιμοποιηθούν οι φωτογραφίες που ανεβάζει για την αναγνώρισή του.	159
Εικόνα 72: Λίστα με τους εγγεγραμμένους χρήστες στο σύστημα. Με την επιλογή του κουμπιού “edit” μεταφέρεται ο χρήστης στη σελίδα που φαίνεται στην Εικόνα 73, όπου μπορεί να επεξεργαστεί τα στοιχεία του χρήστη που έχει επιλέξει.	160
Εικόνα 73: Καρτέλα επεξεργασίας στοιχείων χρήστη.	161

Εικόνα 74: Πεδία ενημέρωσης κωδικού και διεύθυνσης e-mail του χρήστη.	161
Εικόνα 75: (α) Μήνυμα ενημέρωσης του χρήστη ότι ο κωδικός του δεν έχει αλλάξει. Δεν έχει γίνει ενημέρωση της βάσης δεδομένων. (β) Επιτυχημένη αλλαγή διεύθυνσης e-mail – ενημέρωση της βάσης δεδομένων.	162
Εικόνα 76: Τα δικαιώματα του χρήστη έχουν αλλάξει επιτυχώς.	163
Εικόνα 77: Περίπτωση όπου ο χρήστης έχει ήδη δικαιώματα user.	163
Εικόνα 78: Ερώτηση για διαγραφή χρήστη. Η επιλογή του χρήστη στο παράθυρο αυτό ενεργοποιεί την κατάλληλη διαδικασία (διαγραφή ή μη του χρήστη).	164
Εικόνα 79: Εισαγωγή φωτογραφιών. Οι εικόνες που παρουσιάζονται στη σελίδα αυτή είναι ενδεικτικές και χρησιμοποιούνται για να καθοδηγήσουν το χρήστη σχετικά με τη σωστή απεικόνιση του προσώπου στις εικόνες τις οποίες θα ανεβάσει. Επιπλέον, στο κάτω δεξιά μέρος της εικόνας υπάρχει η επιλογή εμφάνισης του «Οδηγού συλλογής φωτογραφιών»...	165
Εικόνα 80: (α) Επιτυχημένη εισαγωγή φωτογραφίας. (β) Περίπτωση όπου δεν έχει επιλεγεί κάποια εικόνα.	166
Εικόνα 81: Αρχείο φωτογραφιών χρήστη.	167
Εικόνα 82: Λίστα χρηστών για ενημέρωση. Ο διαχειριστής μπορεί να επιλέξει ποιοι από τους χρήστες θα λαμβάνουν κάθε φορά ενημερωτικό e-mail σε περίπτωση εισβολής κάποιου άγνωστου ατόμου στο χώρο φύλαξης του συστήματος.	167
Εικόνα 83: Αρχείο φωτογραφιών εφαρμογής – καρτέλα «Αρχείο». Στη σελίδα αυτή μπορεί ο χρήστης να αναζητήσει φωτογραφίες από το παρελθόν με βάση την ημερομηνία, ή μια συγκεκριμένη ώρα, ή ένα χρονικό διάστημα που έχει επιλέξει.	168
Εικόνα 84: Επικοινωνία μεταξύ client και server. Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται όλες οι απαραίτητες διαδικασίες για την επικοινωνία μεταξύ των δύο αυτών οντοτήτων....	172
Εικόνα 85: Μετρικές που προκύπτουν από τη μεταγλώττιση του προγράμματος στην πλατφόρμα Arduino IDE. Το μέγεθος της μνήμης του προγράμματος καλύπτει το 15% της μνήμης του μικροελεγκτή και αφήνει περιθώριο 1,740 bytes για χρήση.	176

Εικόνα 86: (α) Servo - Hitec HS-425BB (Standard Size). Χρησιμοποιείται για την κίνηση του όπλου στον άξονα y. (β) Servo - Hitec HS-422 (Standard Size). Χρησιμοποιείται για την κίνηση του όπλου στον άξονα x.	181
Εικόνα 87: Εσωτερικό κύριας βάσης της κατασκευής. Στην εικόνα παρουσιάζονται ο μικροϋπολογιστής και ο μικροελεγκτής χωρίς τις θήκες τους.	182
Εικόνα 88: Ρουλεμάν το οποίο χρησιμοποιείται για το μηδενισμό της τριβής και τη μείωση του βάρους.	183
Εικόνα 89: Πρώτη και δεύτερη βάση στήριξης της κατασκευής. Στην εικόνα φαίνεται και το άνοιγμα του πάνω μέρους της πρώτης κύριας βάσης.	183
Εικόνα 90: Πρώτη και δεύτερη βάση στήριξης με τα πλαϊνά στηρίγματα της.	184
Εικόνα 91: Σχεδιασμός πλαϊνού στηρίγματος συνδεδεμένου με ρουλεμάν και τον έναν εκ των δύο αξόνων της βάσης του όπλου.	184
Εικόνα 92: Εικόνα του όπλου που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της κατασκευής.	185
Εικόνα 93: Ηλεκτρονικό έμβολο (solenoid) που χρησιμοποιήθηκε. Το έμβολο αυτό συνδέεται με τα κατάλληλα ηλεκτρονικά μέσα που αναφέρονται στην επόμενη ενότητα, ώστε με το κατάλληλο ρεύμα να συμπιέζεται και να αποσυμπιέζεται εγκαίρως.	185
Εικόνα 94: Ολοκληρωμένη η κατασκευή του όπλου.	186
Εικόνα 95: Επάνω μέρος κεντρικής βάσης το οποίο φέρει πέντε μεταλλικούς κύκλους για τη μεταφορά ρεύματος. Κάθε μεταλλικός κύκλος αντιστοιχεί σε ένα καλώδιο στο οποίο πρέπει να μεταφερθεί ρεύμα ή ακόμη και εντολή (για την κατεύθυνση του servo y).	187
Εικόνα 96: Αρχική οθόνη προγράμματος και λήψη συντεταγμένων. Το κέντρο της εικόνας αντιστοιχεί στις συντεταγμένες (240, 160) που είναι το ήμισυ της οριζόντιας και κάθετης ανάλυσης της κάμερας.	191
Εικόνα 97: Στιγμιότυπο προγράμματος στο οποίο παρουσιάζεται η θέση του κέντρου του προσώπου του ατόμου (σε pixel) και η μετατροπή της θέσης αυτής σε μοίρες (το αποτέλεσμα angles).	192

Εικόνα 98: Στιγμιότυπο από την εκτέλεση του προγράμματος όπου έχει αναγνωριστεί ο χρήστης "nikoleta", ο οποίος φέρει την ετικέτα μηδέν (0) και τη στιγμή της εκτέλεσης του προγράμματος βρίσκεται στη θέση (276, 186). Η τιμή 2758,36 αντιστοιχεί στο ποσοστό αναγνώρισης του αλγορίθμου.....	195
Εικόνα 99: Αρχικοποίηση των δεδομένων και χρήση της βιβλιοθήκης Servo.h για την κίνηση στους servo.	196
Εικόνα 100: Στο παραπάνω κομμάτι κώδικα παρουσιάζεται η λήψη των τιμών από το κυρίως πρόγραμμα και η ανάθεση τους στους αντίστοιχους servo, ώστε να δοθεί η κίνηση στους αντίστοιχους άξονες.	196
Εικόνα 101: Εντολή μεταγλώττισης της βιβλιοθήκης OpenCV με το διακόπτη OPENNI .	227
Εικόνα 102: Σύνδεση της βιβλιοθήκης OpenCV με την πλατφόρμα Eclipse.	228
Εικόνα 103: Εισαγωγή των απαραίτητων διαδρομών στον compiler ώστε να χρησιμοποιηθούν για τη μεταγλώττιση του προγράμματος.	229

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση στην εγκατάσταση κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης, τόσο σε εξωτερικούς όσο και σε εσωτερικούς χώρους. Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στα υψηλά ποσοστά εγκληματικότητας και στο γεγονός πως οι άνθρωποι θέλουν να νιώθουν όλο και μεγαλύτερη ασφάλεια. Τα κλειστά κυκλώματα τηλεόρασης ωστόσο παρέχουν μόνο ένα απλό σύστημα ανίχνευσης κίνησης. Με τον τρόπο αυτό όμως, δεν επιτυγχάνεται η αναγνώριση του ατόμου που εισήλθε σε κάποιο χώρο. Συνδυάζοντας την ανάπτυξη του τομέα της όρασης μηχανής με τη ρομποτική κίνηση, επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός συστήματος ασφαλείας για κάθε εσωτερικό χώρο. Το σύστημα που αναλύεται στην παρούσα εργασία είναι ένα πλήρως αυτοματοποιημένο ρομποτικό σύστημα.

Το αμυντικό αυτό σύστημα έχει αναπτυχθεί με στόχο τη φύλαξη του χώρου στον οποίο θα τοποθετηθεί και την άμεση ενημέρωση του χρήστη σχετικά με το τι συμβαίνει στο χώρο του. Το ενσωματωμένο σύστημα αποτελείται από μια κάμερα και ένα ομοίωμα όπλου (όχι πραγματικό, αλλά ένα απλό παιχνίδι με βελάκια από αφρολέξ). Το πρόγραμμα για την επικοινωνία μεταξύ αυτών των δύο, βασίζεται στην ανίχνευση κίνησης και έπειτα στην αναγνώριση των ατόμων που εισέρχονται στην περιοχή φύλαξης του συστήματος. Για να γίνεται αναγνώριση μεταξύ των οικείων και μη, κατατάσσονται τα άτομα σε κατηγορίες και γίνεται εκπαίδευση του προγράμματος. Τα στοιχεία των ατόμων εισάγονται από το χρήστη.

Εκτός από τα παραπάνω, το σύστημα χαρακτηρίζεται από ευκολία, αμεσότητα και έχει τη δυνατότητα για να ελέγχεται απομακρυσμένα. Για το λόγο αυτό, έχει κατασκευαστεί μια ιστοσελίδα η οποία δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αλληλεπιδρά με το ρομποτικό φύλακα. Επιπροσθέτως, ολόκληρο το σύστημα είναι αυτοματοποιημένο, ώστε σε περίπτωση που έχει εισέλθει κάποιος άγνωστος στο χώρο φύλαξης να ειδοποιεί άμεσα τον ιδιοκτήτη.

Η εν λόγω κατασκευή μπορεί να εγκατασταθεί ως φύλακας σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους με την επιλογή της κατάλληλης κάμερας, όπως π.χ. σπίτι, γραφείο, κατάστημα, αλλά και σε οποιοδήποτε άλλο χώρο (εργοστάσια, στρατιωτικά φυλάκια, κτλ), αρκεί να υπάρχει τροφοδότηση ρεύματος.

Λέξεις κλειδιά: OpenCV, OpenNI , ASUS Xtion Pro Live, Ενσωματωμένα συστήματα, Απομακρυσμένος έλεγχος, Arduino, PHP, MySQL, Wiring, Raspberry Pi B, Sentry Gun, Αναγνώριση προσώπου, Ρομποτικός φύλακας.

Abstract

Recent years have seen an increase in the installation of Closed circuit television (CCTV), both outdoors and indoors. This increase is mainly due to high crime rates and the fact that people want to feel more and more secured. Closed circuit television provides only a simple motion detection system. However, these systems cannot achieve the identification of the person who enters a certain area. Combining the development of computer vision field and robotics, the creation of a security system for any interior can be accomplished. The paper in hand analyses a fully automated defensive robotic system.

The aim of this work is to develop an embedded system in order to guard an area and immediately inform the user about any unexpected events. The implementation of the system consists of a camera and a gun (not real, but a simple toy with darts of foam). The software for the communication between these two elements is based on motion detection and face recognition of the person who enter its area. In order to recognize the known faces, the software must be trained first. The information and images of known people are given by the owner of this robotic guardian.

Excluding the above, the system is characterized by ease and immediacy and can also be controlled remotely. For this reason, a website has been designed which allows the user to interact with the robotic guardian. In addition, the entire system is automated, in order to inform the administrator about the invasion, through vocal and e-mail alert messages.

This device can be installed to guard indoors, for example, homes offices, stores, and any other place (factories, military outposts, etc.), as long as there is a power supply.

Keywords: OpenCV, OpenNI , ASUS Xtion Pro Live, Embedded systems, Remote Control, Arduino, PHP, MySQL, Wiring, Raspberry Pi B, Sentry Gun, Face Recognition, Robotic guard.

Δήλωση πνευματικών δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο *«Σχεδιασμός και κατασκευή ενός αμυντικού αυτοματοποιημένου ρομποτικού συστήματος στόχευσης κινούμενων στόχων»*

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Δασυγένη Μηνά, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Τσούρμα Μαρία, Δασυγένης Μηνάς, 2016, Κοζάνη

Υπογραφή φοιτητή:

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Μηνά Δασυγένη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής και την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, η οποία μου στάθηκε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, με υποστήριξε και ήταν δίπλα μου σε όλα μου τα βήματα. Ήταν εκείνοι που με βοήθησαν να υλοποιήσω όλα μου τα όνειρα και αποτέλεσαν τον ακρογωνιαίο λίθο στην υλοποίηση αυτής της εργασίας.

Από το κομμάτι αυτό δεν θα μπορούσαν να λείπουν οι φίλοι μου, η δεύτερη μου οικογένεια, οι οποίοι με υποστήριξαν, με βοήθησαν και μου χάρισαν πολύ όμορφες στιγμές όλα αυτά τα χρόνια.

Τσούρμα Μαρία

1

Εισαγωγή

ασφάλεια η [asfália]: κατάσταση που χαρακτηρίζεται από την απουσία κινδύνου· η αίσθηση που έχει κάποιος ότι είναι προφυλαγμένος από κάθε κίνδυνο· σιγουριά

Η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από την έντονη ανταγωνιστικότητα, την αποθέωση του ιδιωτικού κέρδους και την πλήρη απαξίωση θεσμών και αξιών εκ μέρους μιας μεγάλης μερίδας των ανθρώπων. Όλα αυτά τα στοιχεία, όπως είναι φυσικό, εκκολάπτουν τη βία, την εγκληματικότητα και κάθε είδους παρανομία. Στον αντίποδα όλων αυτών βρίσκεται η αναγκαιότητα προστασίας της ζωής και της ιδιοκτησίας των πολιτών, που εκτίθενται στις πράξεις παρανομίας. Έτσι λοιπόν, δημιουργήθηκαν διάφοροι μηχανισμοί ασφαλείας και άμυνας προσώπων, κτιρίων και αντικειμένων.

Επειδή όμως ταυτόχρονα με τον εκσυγχρονισμό των συστημάτων ασφαλείας τελειοποιούνται και οι τεχνικές των παρανόμων είναι αναγκαίο να επινοούνται νέα συστήματα αποτελεσματικότερα στην αντιμετώπιση των κακοποιών στοιχείων. Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παραπάνω παράγοντες, αναπτύχθηκε το εν λόγω αμυντικό σύστημα ασφαλείας. Στόχος του συστήματος αυτού, όπως θα περιγραφεί και παρακάτω, δεν είναι μόνο ο εκφοβισμός του ατόμου που εισέρχεται σε μια ξένη ιδιοκτησία, αλλά και η αναγνώριση

αυτού τόσο από το ίδιο το σύστημα όσο και από τους ιδιοκτήτες του. Το ενσωματωμένο αυτό σύστημα μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί και ως υβριδικό, καθώς έχουν αναπτυχθεί δύο εκδόσεις του για λόγους έρευνας.

1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας

Μέχρι πρότινος τα περισσότερα συστήματα ασφαλείας είχαν ως στόχο μόνο την ανίχνευση κίνησης και όχι την αναγνώριση του ατόμου που εισέρχεται στο οπτικό τους πεδίο. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και κατ' επέκταση των αλγορίθμων αναγνώρισης στον τομέα της όρασης μηχανής, πλέον υπάρχει η δυνατότητα της αναγνώρισης ανθρώπων με βάση το φύλο, την ηλικία ή ακόμη και με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την ανάπτυξη ενός υβριδικού ρομποτικού συστήματος ασφαλείας με στόχο την ανίχνευση κινούμενων αντικειμένων και την αναγνώριση των προσώπων που εισέρχονται σε ένα χώρο. Το καινοτόμο αυτό εγχείρημα έχει ως στόχο να συνδυάσει την όραση μηχανής με την ανάπτυξη ενός ρομποτικού συστήματος που θα αντιδρά ανάλογα με τα ερεθίσματα που δέχεται από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Η καινοτομία του συστήματος έγκειται στην εισαγωγή της αναγνώρισης προσώπου στον τομέα των συστημάτων ασφαλείας.

Το αμυντικό αυτό σύστημα αποτελείται από τη βασική του κατασκευή, που είναι ένα ομοίωμα όπλου (παιδικό παιχνίδι) και τη βάση του, καθώς και από μια κάμερα. Το σύστημα υποστηρίζει την ανίχνευση κίνησης, την ανίχνευση προσώπου και την αναγνώριση αυτού. Φέρει το χαρακτηρισμό του υβριδικού, καθώς έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί με δύο διαφορετικά είδη υπολογιστών. Η κύρια διαφορά των υπολογιστικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται βρίσκεται στην επεξεργαστική ισχύ τους.

Η πρώτη ή *πλήρης* έκδοση χρησιμοποιεί έναν υπολογιστή με λογισμικό Linux 12.04, ο οποίος προσφέρει υψηλότερη επεξεργαστική ισχύ και μπορεί να εκτελέσει την ολόκληρη έκδοση (full version) του λογισμικού. Χρησιμοποιεί ακόμη έναν μικροελεγκτή Arduino UNO και τα κατάλληλα ηλεκτρονικά μέσα, ώστε να υλοποιηθεί το παρόν εγχείρημα και να επιτευχθεί η κίνηση της κατασκευής και πιο συγκεκριμένα του όπλου, στους άξονες χ, ψ. Η ιδιαιτερότητα της δεύτερης έκδοσης αφορά την ποικιλομορφία των επιλογών κατά την

επιλογή της κάμερας. Εδώ, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει εάν θέλει να χρησιμοποιήσει μια συμβατή USB κάμερα, την ενσωματωμένη κάμερα του υπολογιστή του ή μια στερεοσκοπική κάμερα. Ως στερεοσκοπική κάμερα χρησιμοποιήθηκε η ASUS Xtion Pro Live, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και οποιαδήποτε άλλη κάμερα με Linux οδηγούς (drivers). Το πλήρες λογισμικό έχει αναπτυχθεί λαμβάνοντας υπόψη του και τις τρεις περιπτώσεις.

Προκειμένου να υλοποιηθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί για το εν λόγω σύστημα, αναπτύχθηκε το κατάλληλο λογισμικό που συνδυάζει τις πληροφορίες που λαμβάνονται από την κάμερα, με την ανάπτυξη κίνησης της κατασκευής στους άξονες χ, ψ. Το λογισμικό βασίζεται αρχικά στην εκπαίδευση του συστήματος μέσα από τη βάση δεδομένων των γνωστών ατόμων που έχει δημιουργηθεί. Η βάση αυτή περιέχει φωτογραφίες των γνωστών ατόμων τα οποία θέλει ο χρήστης να αναγνωρίζονται κατά την είσοδό τους στο χώρο. Με το πέρας της εκπαίδευσης του αλγορίθμου, ξεκινά η ανίχνευση κίνησης στο χώρο. Όταν η ανίχνευση κίνησης εντοπίσει κάποιο κινούμενο αντικείμενο, καλείται η ανίχνευση προσώπου για να το χαρακτηρίσει ως άνθρωπο ή όχι. Τέλος, εάν το αντικείμενο αυτό είναι άνθρωπος, τότε ξεκινά η διαδικασία της αναγνώρισης του. Εάν η διαδικασία αυτή στεφθεί με επιτυχία, δηλαδή γίνει αναγνώριση του ατόμου, τότε αναπαράγεται ένα ηχητικό μήνυμα το οποίο καλωσορίζει το άτομο και ξεκινά η διαδικασία ανίχνευσης της κίνησης στο χώρο. Σε αντίθετη περίπτωση, αναπαράγεται ένα ηχητικό μήνυμα το οποίο έχει ως στόχο να προειδοποιήσει τους παρόντες στο χώρο. Παράλληλα, το σύστημα στέλνει ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail) στον ιδιοκτήτη του συστήματος, ώστε να τον ενημερώσει για την εισβολή. Το «όπλο» ενεργοποιείται άμεσα στην ανίχνευση κάθε άγνωστου ατόμου, που κινείται απειλητικά στο πεδίο δράσης του, με στόχο να εκφοβίσει τον εισβολέα.

Στη δεύτερη έκδοση το ενσωματωμένο σύστημα χρησιμοποιεί έναν μικροϋπολογιστή Raspberry Pi 2, έναν μικροελεγκτή Arduino UNO και τα κατάλληλα ηλεκτρονικά μέσα ώστε να επιτυγχάνεται η κίνηση της κατασκευής. Στην έκδοση αυτή παρέχεται η δυνατότητα χρήσης μιας συμβατής USB κάμερας. Το λογισμικό της έκδοσης αυτής χρησιμοποιεί εξειδικευμένους αλγορίθμους, προκειμένου να εξαφανίσει εξειδικευμένες αποφάσεις με τη χρήση της ανίχνευσης κίνησης. Η κίνηση της κατασκευής ενεργοποιείται με την ανίχνευση της κίνησης, ώστε να «ακολουθεί» η κατασκευή την κίνηση του χρήστη. Η αναγνώριση προσώπου δεν μπορεί να επιτευχθεί σε συνθήκες πραγματικού χρόνου στην έκδοση αυτή,

καθώς η επεξεργαστική ισχύ του μικροϋπολογιστή δεν επαρκεί για την υλοποίηση μιας τέτοιου είδους επεξεργασίας εικόνας. Πρέπει να σημειωθεί ότι η κίνηση της κατασκευής, η ενημέρωση του ιδιοκτήτη μέσω ηχητικών μηνυμάτων και ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, δεν επηρεάζονται από την αλλαγή του λογισμικού μέρους του συστήματος.

Στο ομοίωμα όπλου που υπάρχει στην κατασκευή υπάρχει ένας μηχανισμός ενεργοποίησης (έμβολο) ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί σε μελλοντική επέκταση του συστήματος. Το συγκεκριμένο σύστημα, εκτός από σύστημα φύλαξης χώρων, έχει χρησιμότητα και σε άλλους τομείς, όπως η έρευνα δραστηριοτήτων άγριων ζώων, η ανίχνευση σημάτων ενός δορυφόρου και η παρακολούθηση της κίνησης και της επικοινωνίας αυτού, και ο τομέας της ιατρικής. Με τις κατάλληλες πολύ μικρές αλλαγές στον κώδικα OpenCV, και την εισαγωγή ενός laser (η υποδομή του οποίου υπάρχει στην κατασκευή που παρουσιάζεται), θα μπορούσε το σύστημα να χρησιμοποιηθεί σε ιατρικές επεμβάσεις ακριβείας. Παρόλα αυτά, στην παρούσα εργασία αναλύεται μόνο η λειτουργία του εμβόλου και όχι η χρησιμότητά του.

Για εύκολο, άμεσο και απομακρυσμένο έλεγχο του χώρου, θα πρέπει να υπάρχει και το μέσο το οποίο θα αλληλεπιδρά με το χρήστη και θα μεταφέρει τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του χώρου. Για το λόγο αυτό, έχει δημιουργηθεί μια ιστοσελίδα, με στόχο να πληροφορεί τον χρήστη μέσα από εικόνες και μηνύματα για το τι συμβαίνει κάθε στιγμή και θα του δίνει, επίσης, τη δυνατότητα να ρυθμίσει κάποια από τα χαρακτηριστικά του ρομποτικού συστήματος.

Πιο συγκεκριμένα, στο σύστημα παρέχεται πληθώρα επιλογών όπως, ο χρονοπρογραμματισμός έναρξης και λήξης της εφαρμογής, η άμεση έναρξη ή λήξη αυτής, η εισαγωγή φωτογραφιών με σκοπό την αναγνώριση του ατόμου από το σύστημα, η επεξεργασία των στοιχείων των χρηστών του συστήματος και των φωτογραφιών τους, η εγγραφή χρηστών στο σύστημα, η αναζήτηση φωτογραφιών με βάση την ημερομηνία και την ώρα λήψης τους, η αποστολή mail σε περίπτωση εισβολής άγνωστου ατόμου, καθώς και η απευθείας μετάδοση εικόνων από το χώρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι και οι δύο εκδόσεις συνοδεύονται από την αντίστοιχη ιστοσελίδα.

Η εν λόγω κατασκευή μπορεί να εγκατασταθεί ως φύλακας σε εσωτερικούς χώρους όπως π.χ. σπίτι, γραφείο, κατάστημα, αλλά και σε οποιοδήποτε άλλο χώρο (εργοστάσια, στρατιωτικά φυλάκια, κτλ), αρκεί να υπάρχει τροφοδότηση ρεύματος.

1.2 Κίνητρο Διεξαγωγής Εργασίας

Η όραση μηχανής είναι ένας από τους τομείς της τεχνολογίας που γνωρίζει άνθηση τα τελευταία χρόνια. Μέσω της ψηφιοποίησης των μέσων και της ανάγκης για ολοένα και καλύτερη εικόνα και ήχο, η τεχνολογία οδηγείται σε διεύρυνση του τομέα της επεξεργασίας των παραπάνω. Η όραση μηχανής έρχεται να «παντρέψει» τη μηχανική με τις θετικές επιστήμες και να δώσει τη δυνατότητα στις μηχανές να «αποφασίζουν» βασισμένες στα όσα μπορούν να δουν και στον τρόπο ρύθμισης του εγκεφάλου τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι μέσα από τη ρομποτική όραση έχουν αναπτυχθεί σημαντικές ρομποτικές αλλά και ιατρικές εφαρμογές.

Η ανάληψη του παρόντος θέματος ήταν η αφορμή για να ξεκινήσει ένα ταξίδι στον κόσμο της μηχανικής όρασης. Η αυξημένη περιέργεια για το πώς ένα αντικείμενο μπορεί να «δει», αλλά και να καθοδηγηθεί μέσα από τον προγραμματιστή ώστε να παράγει συμπέρασμα, με οδήγησαν στο να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Επιπροσθέτως, το βασικότερο κίνητρο όλων για να μπορέσει να υλοποιηθεί το παρόν θέμα, ήταν η απόκτηση γνώσης σε ένα καινούριο ως προς εμένα αντικείμενο και η εξέλιξη αυτής μετά το Πανεπιστήμιο.

Θα ήθελα να επισημάνω πως η ανάληψη του παρόντος θέματος έγινε καθαρά με στόχο την απόκτηση γνώσης πάνω σε νέα αντικείμενα και τεχνολογίες και όχι με στόχο τη δημιουργία ενός αυτόβουλου μηχανήματος το οποίο θα λειτουργεί κατά βούληση. Το σύστημα που έχω δημιουργήσει δεν έχει τη δυνατότητα να τραυματίσει το άτομο που βρίσκεται μπροστά από την κάμερα και σε καμία περίπτωση δεν έχω την πρόθεση να το χρησιμοποιήσω για «εχθρικούς» σκοπούς. Στόχος μου πάντα είναι η γνώση και η απόκτηση της μέσα από την τριβή και την έρευνα διαφόρων διαφορετικών αντικειμένων.

1.3 Συνεισφορά στην επιστημονική κοινότητα και παρόμοιες εργασίες

Η επιστημονική κοινότητα τα τελευταία χρόνια καλωσορίζει νέους επιστήμονες στον τομέα της όρασης μηχανής. Μέχρι σήμερα, υπάρχουν αρκετά παραδείγματα εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί στον τομέα αυτό. Η παρούσα εργασία, όσον αφορά το κομμάτι της

μηχανικής όρασης, ασχολείται με τρία γνωστικά αντικείμενα: την ανίχνευση κίνησης, την ταξινόμηση του αντικειμένου (εάν είναι άνθρωπος ή κάποιο μικρότερο αντικείμενο) και την αναγνώριση προσώπου. Η μέθοδος ανίχνευσης κίνησης που χρησιμοποιήθηκε έγινε με τη βοήθεια της κατάτμησης της εικόνας σε πρότερο και μεταγενέστερο στάδιο. Περισσότερα για τη μέθοδο που ακολουθήθηκε θα αναλυθούν λεπτομερέστερα σε παρακάτω κεφάλαιο. Η δεύτερη μέθοδος, που αποτελεί τον συνδυαστικό κρίκο των δύο άλλων μεθόδων, έγινε με τη βοήθεια του ορισμού κατώτατου «ορίου» (*threshold*), όπως θα παρουσιαστεί αναλυτικότερα σε παρακάτω κεφάλαιο. Τέλος, η τελευταία μέθοδος βασίζεται στην εκπαίδευση της μηχανής και στην αναγνώριση των αντικειμένων, στην παρούσα περίπτωση των οικείων προσώπων που έχει εισάγει ο χρήστης.

Η βιβλιογραφία είναι πλούσια σε εφαρμογές και αλγορίθμους που έχουν δημιουργηθεί για την ανάπτυξη της όρασης μηχανής. Οι Ιωάννης Κωσταβέλης, Λάζαρος Ναλπαντίδης και Αντώνιος Γαστεράτος [1] παρουσιάζουν τον αλγόριθμο ανίχνευσης και αναγνώρισης εμποδίων σε ένα χώρο με τη χρήση του V-disparity map¹ και τη χρήση στερεοσκοπικής εικόνας. Ο αλγόριθμος αυτός έχει ως στόχο τη μείωση των περιοχών θορύβου σε μια εικόνα και την καλύτερη ανίχνευση της απόστασης του εμποδίου ώστε να αποφευχθεί κάθε είδους σύγκρουση. Κύριο γνώρισμα του αλγορίθμου είναι η κατάτμηση της εικόνας και η κατηγοριοποίηση των συστάδων χρώματος (θερμών και ψυχρών) ανάλογα με κύρια χαρακτηριστικά, ώστε να δημιουργηθεί η πορεία που πρέπει να ακολουθηθεί από το ρομπότ για να μην υπάρχουν συγκρούσεις. Η μείωση του θορύβου κατά την επεξεργασία των εικόνων είναι πολύ σημαντική διαδικασία, καθώς τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι πιο αξιόπιστα όσον αφορά το μέτρο της απόστασης των αντικειμένων.

Στο παρελθόν έχουν αναπτυχθεί αμυντικά συστήματα παρόμοιας φιλοσοφίας με το θέμα της παρούσας εργασίας. Το κύριο εγχείρημα που άνοιξε το δρόμο για την ανάπτυξη της έννοιας του ρομποτικού φύλακα, ονομάζεται “Project Sentry Gun” [2]. Το σύστημα περικλείει την εξολοκλήρου δημιουργία του λογισμικού και του υλικού μέρους που

¹ Ο επονομαζόμενος και ως χάρτης «θερμών και ψυχρών περιοχών», δείχνει ανάλογα με το χρώμα σε ποια απόσταση βρίσκεται ένα αντικείμενο, έχοντας ως σταθερό σημείο, το σημείο που είναι η κάμερα. Τα πιο θερμά χρώματα, όπως το σκούρο κόκκινο, δείχνουν ένα αντικείμενο που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση, ενώ αντίθετα, τα πιο ψυχρά αντιστοιχούν σε αντικείμενα που υπάρχουν στο χώρο σε πιο μακρινή απόσταση από την κάμερα.

απαιτούνται για την ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος. Η κατασκευή αποτελείται από τους μηχανισμούς κίνησης της κατασκευής (pan/tilt servos), ένα όπλο και μια απλή κάμερα. Οι servos συνδέονται με το όπλο και λαμβάνουν εντολές μέσα από έναν μικροελεγκτή. Ο μικροελεγκτής αυτός είναι συνδεδεμένος με τον υπολογιστή όπου και εκτελείται το κυρίως πρόγραμμα της ανίχνευσης. Στόχος του συστήματος αυτού είναι να «εκτελεστεί» όποιο αντικείμενο κινείται σε έναν συγκεκριμένο χώρο. Το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει τα χαρακτηριστικά της ανίχνευσης, όπως το μέγεθος, η απόσταση και το χρώμα του αντικειμένου που πρόκειται να «εκτελεστεί». Το πρόγραμμα αυτό έχει υλοποιηθεί με τη χρήση της πλατφόρμας *Processing*. Η παρούσα διπλωματική ακολουθεί την ιδέα του παραπάνω εγχειρήματος και προσθέτει ένα επιπλέον χαρακτηριστικό, την αναγνώριση προσώπου. Το παρόν πρόγραμμα δεν μπορεί να υλοποιηθεί στην πλατφόρμα *Processing*, καθώς δεν έχει γίνει ανάπτυξη των αλγορίθμων αναγνώρισης για το εργαλείο αυτό.

Ένα ακόμη σύστημα το οποίο έχει υλοποιηθεί με την ίδια λογική παρουσιάζεται από τους Daniel Chaparro-Altamirano, Ricardo Zavala-Yoe και Ricardo Ramirez-Mendoza [3]. Στην εργασία τους παρουσιάζεται ένας αλγόριθμος κινηματικής που αφορά τη βελτιστοποιημένη εκδοχή των αυτομάτων συστημάτων ασφαλείας. Η κατασκευή που έχει υλοποιηθεί, χρησιμοποιεί έναν τρίποδα ο οποίος με τη βοήθεια του κατάλληλου αλγορίθμου, δίνει κίνηση σε κάθε ένα πόδι ξεχωριστά, ώστε να μπορέσει το όπλο να στοχεύσει το αντικείμενο που υπάρχει στο οπτικό του πεδίο. Η εργασία αυτή μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη κατάλληλου αλγορίθμου με στόχο τη βελτιστοποίηση της παρούσας εργασίας.

1.4 Σύνοψη διπλωματικής εργασίας

Το κείμενο δομείται σε επτά κεφάλαια, το καθένα από τα οποία πραγματεύεται ένα διαφορετικό ζήτημα που ερευνήθηκε κατά την υλοποίηση του εν λόγω συστήματος. Στα επιμέρους αυτά κεφάλαια γίνεται αναλυτική παρουσίαση, τόσο του υλικού μέρους, όσο και του λογισμικού που αναπτύχθηκαν. Επίσης, παρουσιάζονται τα προβλήματα που ανέκυψαν και οι τρόποι επίλυσης αυτών. Η δομή των κεφαλαίων ακολουθεί αυτή τη ροπή καθώς θεωρήθηκε φρόνιμο να εξεταστούν αρχικά τα χαρακτηριστικά των επεξεργαστών που θα

χρησιμοποιηθούν και έπειτα να γίνει εισαγωγή και περιγραφή όλων των αλγορίθμων και μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του συγκεκριμένου αποτελέσματος.

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του αντικειμένου που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και μια σύνοψη της δομής της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο από το οποίο αντλήθηκαν οι γνώσεις και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του έργου. Παρατίθενται λεπτομέρειες για τις γλώσσες προγραμματισμού, τα εργαλεία, τους υπολογιστές, το μικροεπεξεργαστή Arduino, το μικροϋπολογιστή Raspberry Pi και τις πλατφόρμες ανάπτυξης που χρησιμοποιήθηκαν τόσο για την κατασκευή του λογισμικού όσο και της ιστοσελίδας.

Μετά το θεωρητικό μέρος ακολουθεί η ανάπτυξη του πεδίου της όρασης μηχανής. Γίνεται μια ενδεικτική εισαγωγή στις βασικές αρχές της όρασης μηχανής και στη στερεοσκοπική όραση. Επιπροσθέτως, αναλύεται λεπτομερώς η διαδικασία της κατάτμησης εικόνας, μια διαδικασία που αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της επεξεργασίας εικόνων στους αλγορίθμους μηχανικής όρασης.

Το τέταρτο κεφάλαιο φέρει μια εκτενή αναφορά σχετικά με τον τρόπο και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του λογισμικού. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι απαιτήσεις του συστήματος, ο σχεδιασμός του, ο τρόπος αλληλεπίδρασης των επιμέρους στοιχείων μεταξύ τους και οι περιορισμοί που υπάρχουν λόγω επεξεργαστικής ισχύος και αυξημένων απαιτήσεων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η ιστοσελίδα του συστήματος, η οποία αποτελεί το συνδετικό κρίκο μεταξύ του λογισμικού και της κατασκευής,. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι απαιτήσεις του συστήματος, ο σχεδιασμός της βάσης δεδομένων, η ανάπτυξη του ιστοχώρου διαχείρισης με ενδεικτικά σενάρια χρήσης.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η δημιουργία της κατασκευής. Στο σημείο αυτό αρχικά φαίνεται βήμα προς βήμα ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της κατασκευής. Στο δεύτερο μέρος του κεφαλαίου παρουσιάζεται η λογική σχεδίασης του λογισμικού που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες του μικροεπεξεργαστή Arduino. Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο μπορεί κανείς να βρει διαγράμματα που αφορούν τον τρόπο λειτουργίας του λογισμικού.

Τέλος, το τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει όλα τα στοιχεία που έχουν παρουσιαστεί στην υπόλοιπη εργασία. Επιπροσθέτως, καταγράφει τους περιορισμούς και τα εμπόδια που υπήρξαν κατά την ανάπτυξη του συστήματος και αναφέρονται μελλοντικές επεκτάσεις.

2

Θεωρητικό υπόβαθρο

Στο ακόλουθο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι έννοιες και τα μέσα με τη βοήθεια των οποίων υλοποιήθηκε η παρούσα εργασία. Εκτός από τα προγράμματα τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί, παρουσιάζονται και τα χαρακτηριστικά των μικροϋπολογιστών και μικροελεγκτών που αποτελούν το υλικό μέρος του συστήματος.

2.1 Προγραμματισμός Διαδικτύου

Ως προγραμματισμός διαδικτύου αναφέρονται όλα τα εργαλεία και οι εργασίες που χρησιμοποιούνται από έναν προγραμματιστή προκειμένου να αναπτυχθεί ένας ιστοχώρος. Για τις ανάγκες της ιστοσελίδας της παρούσας διπλωματικής δημιουργήθηκαν οι διεργασίες για τον υπολογιστή-πελάτη (client-side scripting), οι διεργασίες για τον υπολογιστή-εξυπηρετητή (server-side scripting) και οι απαραίτητες διεργασίες για τη διαχείριση της βάση δεδομένων.

Οι διεργασίες που είναι απαραίτητες για την υλοποίηση του **υπολογιστή-πελάτη** [9], αφορούν τις λειτουργίες που εκτελούνται από το πρόγραμμα περιήγησης του επισκέπτη της ιστοσελίδας. Αυτός ο τύπος προγραμματισμού αυξάνει τη δυναμικότητα της σελίδας, δημιουργώντας έτσι ένα περιβάλλον αλληλεξαρτήσεων όπου τα μηνύματα που θα παράγει η

σελίδα θα είναι ανάλογα των εισόδων και των επιλογών που έχει κάνει ο χρήστης. Οι γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση αυτή είναι, ενδεικτικά, η HTML, JavaScript και το CSS.

Η τεχνική της δημιουργίας του **υπολογιστή-εξυπηρετητή** που χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη ιστοσελίδων, περιλαμβάνει την ενσωμάτωση όλων των πιθανών σεναρίων με στόχο την ολοκλήρωση όλων των αιτημάτων που έχουν γίνει από τον υπολογιστή-πελάτη. Τα αιτήματα αυτά περνούν από μια συστάδα ελέγχων και ενεργειών προτού ο εξυπηρετητής απαντήσει στο αίτημα του πελάτη. Σε πολλές σελίδες η τεχνική του πελάτη και του εξυπηρετητή συνδυάζονται απρόσκοπτα.

Με τον όρο **συστήματα διαχείρισης βάσης δεδομένων** [9] χαρακτηρίζεται κάποιο λογισμικό μέσω του οποίου γίνεται ολοκληρωμένα η διαχείριση μιας ηλεκτρονικής βάσης δεδομένων. Το λογισμικό αυτό έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά με τον χρήστη, μέσα από τον εξυπηρετητή, με στόχο την ανάλυση, την εισαγωγή, τη διαγραφή και την αναζήτηση στοιχείων σε μια ηλεκτρονική βάση δεδομένων.

2.1.1 HTML

Η HTML αποτελεί την κύρια γλώσσα σήμανσης για τις ιστοσελίδες, και τα στοιχεία της είναι τα βασικά δομικά στοιχεία αυτών. Το όνομά της αποτελεί το ακρωνύμιο της φράσης “HyperText Markup Language” [9].

Η γραφή μιας γλώσσας σήμανσης διαφέρει από τις άλλες γλώσσες προγραμματισμού και αυτό γιατί στην προκειμένη περίπτωση γράφεται πρώτα το κείμενο και έπειτα προσθέτονται ειδικά σύμβολα γύρω από τις λέξεις ή από ολόκληρες προτάσεις, ώστε να καθοριστεί η εμφάνιση τους στην οθόνη. Τα ειδικά σύμβολα στην HTML ονομάζονται **ετικέτες** (*tags*). Οι ετικέτες καθορίζουν τη δομή και τη μορφή του κειμένου της ιστοσελίδας. Επιπροσθέτως, παρέχουν πληροφορίες προς τον web browser σχετικά με την εμφάνιση της σελίδας, όπως ο τίτλος της ή ο συγγραφέας της. Το αρχείο που περιέχει HTML ετικέτες ονομάζεται HTML αρχείο και έχει επέκταση **.html** ή **.htm**². Τα αρχεία αυτά είναι απλά αρχεία κειμένου σε

² Σε δυναμικές ιστοσελίδες τα αρχεία μπορεί να έχουν διαφορετική επέκταση, όπως .php, .asp, .jsp.

μορφή ASCII και δεν περιέχουν πληροφορίες για το περιβάλλον ή τα προγράμματα με τα οποία λειτουργούν.

Τα έγγραφα HTML διαβάζονται από το φυλλομετρητή ιστοσελίδων (*web browser*) που έχει ως στόχο να τα ανασυγκροτεί και να συνθέτει σελίδες που μπορεί κανείς να διαβάσει ή να ακούσει. Καθήκον του *web browser* δεν είναι να εμφανίζει τις ετικέτες HTML, αλλά να τις χρησιμοποιεί για να ερμηνεύσει το περιεχόμενο της σελίδας.

Εκτός από τη συγγραφή κειμένων, η HTML επιτρέπει την ενσωμάτωση εικόνων και άλλων αντικειμένων μέσα στη σελίδα, καθώς και την ανάπτυξη διαδραστικής φόρμας για την εισαγωγή των στοιχείων του χρήστη. Παρέχει, ακόμη, μεθόδους δημιουργίας δομημένων εγγράφων³ καθορίζοντας δομικά σημαντικά στοιχεία για το κείμενο, όπως κεφαλίδες, παραγράφους, υποσέλιδα, συνδέσμους και άλλα απαραίτητα για τη σελίδα στοιχεία. Για χάρη δυναμικότητας, η HTML έχει τη δυνατότητα να ενσωματώνει σενάρια εντολών τα οποία επηρεάζουν τη συμπεριφορά της ιστοσελίδας σε γλώσσες όπως η JavaScript.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<title>Page Title</title>
</head>
<body>

<h1>My First Heading</h1>
<p>My first paragraph.</p>

</body>
</html>
```

Εικόνα 1: Παράδειγμα HTML αρχείου.

Οι ετικέτες που εμφανίζονται στην Εικόνα 1, καθορίζουν το είδος του κάθε στοιχείου που θα εισαχθεί στο κείμενο. Πιο συγκεκριμένα οι αντιστοιχίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα μαζί με κάποιες άλλες ενδεικτικές ετικέτες.

³ Τα δομημένα έγγραφα είναι ουσιαστικά απλά έγγραφα που φέρουν στο περιεχόμενό τους και κώδικα μορφοποίησης κειμένου.

Ετικέτα	Περιγραφή χρήσης
<!DOCTYPE html>	Η δήλωση αυτή αποτελεί το πρώτο στοιχείο που πρέπει να έχει HTML έγγραφο. Είναι χαρακτηριστική οδηγία στο web browser αναφορικά με την έκδοση HTML σύμφωνα με την οποία έχει δημιουργηθεί η ιστοσελίδα.
<html>	Κεντρική ετικέτα που καθορίζει το κείμενο ενός HTML αρχείου.
<head>	Καθορίζει πληροφορίες όπως η κωδικοποίηση των χαρακτήρων (UTF – 8, ANSI κτλ.), εξωτερικές πηγές αρχείων κτλ.
<script>	Χρησιμοποιείται για να δηλώσει κώδικα προγράμματος για την υλοποίηση δυναμικής σελίδας (για παράδειγμα η χρήση JavaScript στοιχείων). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης και ως παραπομπή- εισαγωγή σε άλλο αρχείο.
<style>	Μέσα στο στοιχείο αυτό καθορίζεται η εμφάνιση ορισμένων στοιχείων HTML στο web browser.

<title>	Μέσα στην ετικέτα αυτή καθορίζεται ο τίτλος της ιστοσελίδας.
<body>	Στο σημείο αυτό περικλείεται ολόκληρο το περιεχόμενο του εγγράφου, όπως κείμενο, υπερ-σύνδεσμοι, εικόνες, κλπ.
<div>	Η ετικέτα αυτή καθορίζει ένα τμήμα σε ένα έγγραφο HTML. Χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση των στοιχείων, ώστε να δοθούν κοινές μορφοποιήσεις.
<form>	Η χρήση της ετικέτας αφορά κυρίως τη δημιουργία φόρμας εισαγωγής στοιχείων με τις οποίες αλληλεπιδρά ο χρήστης. Τα στοιχεία που εισάγονται στις φόρμες έχουν τη δυνατότητα ανακατεύθυνσης σε επιμέρους αρχεία.
<h1> έως <h6>	Οι ετικέτες <h1> έως <h6> χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τις ιδιότητες (μέγεθος, χρώμα, κ.α.) των γραμμάτων του κειμένου.
<p>	Η ετικέτα χρησιμοποιείται για να ορίσει μια νέα παράγραφο κειμένου.

Πίνακας 1: Ετικέτες HTML.

2.1.2 CSS

Η CSS ή αλληλουχία φύλλων στυλ, αποτελεί μια γλώσσα υπολογιστή που ανήκει στην κατηγορία των γλωσσών φύλλων στυλ και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εμφάνισης ενός εγγράφου που έχει γραφτεί σε μια γλώσσα σήμανσης (HTML και XHTML). Καθορίζει όχι μόνο την εμφάνιση ενός εγγράφου, αλλά και μιας ιστοσελίδας ή ενός ιστοτόπου γενικότερα.

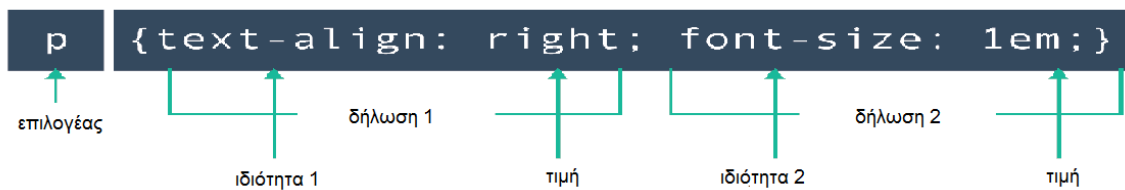
Το όνομά της προκύπτει από το ακρόνυμο **Cascading Style Sheets** [9], που σημαίνει «Διαδοχικά Φύλλα Στυλ», και έχει ως στόχο την στιλιστική ανάπτυξη και τη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών όσον αφορά τα χρώματα, τη στοίχιση, το μέγεθος, το περίγραμμα και το φόντο. Η χρήση της κρίνεται απαραίτητη για την ανάπτυξη μιας καλοσχεδιασμένης και καλαίσθητης ιστοσελίδας.

Πέρα από το πλεονέκτημα της καλαισθησίας, η χρήση της CSS στην ανάπτυξη μιας ιστοσελίδας φέρει μια πληθώρα θετικών χαρακτηριστικών [9], όπως:

- Αυξημένη ευελιξία. Η CSS κατέστησε εφικτές μορφοποιήσεις οι οποίες ήταν αδύνατες ή πολύ δύσκολες με την κλασσική HTML.
- Εύκολη συντήρηση ιστοσελίδων. Η εμφάνιση μιας ολόκληρης σελίδας ελέγχεται εξολοκλήρου από ένα εξωτερικό αρχείο. Με τον τρόπο αυτό, η αλλαγή σε ένα μόνο σημείο καθίσταται πιο εύκολη σε σχέση με την αναζήτηση του σημείου σε όλα τα αρχεία της σελίδας μόνο και μόνο για την αλλαγή της μορφοποίησης.
- Σημαντικά μειωμένο μέγεθος αρχείου. Ο κανόνας μορφοποίησης γράφεται σε ένα αρχείο και όχι σε κάθε αρχείο ξεχωριστά.
- Επιτυχημένη αναζήτηση (Search engine optimization). Οι μηχανές αναζήτησης ψάχνουν πιο ξεκάθαρα το περιεχόμενο που αναζητούν σε ένα καθαρό κείμενο, σε αντίθεση με ένα κείμενο το οποίο περιέχει και σχόλια μορφοποίησης.

Η συγγραφή κώδικα CSS αποτελείται από κανόνες. Κάθε «κανόνας» αποτελείται από δύο (2) μέρη [9]: τον επιλογέα (**CSS selector**), ο οποίος δείχνει ποιο στοιχείο θα μορφοποιηθεί, και τις ιδιότητες (**CSS properties**) που δείχνουν τον τρόπο που αυτό θα μορφοποιηθεί και τι τιμές θα λάβει.

Η σύνταξη παρουσιάζεται στην Εικόνα 2:



Εικόνα 2: Σύνταξη κανόνα CSS.

2.1.3 JavaScript

Η ανάπτυξη της JavaScript αποτελεί σημαντικό δομικό λίθο στην ανάπτυξη δυναμικών ιστοσελίδων. Η JavaScript είναι μια εύκολη στη χρήση της γλώσσα, που αναπτύχθηκε από τη Netscape, και έχει την ικανότητα να ενσωματωθεί σε σελίδες HTML με στόχο να τις κάνει πιο δυναμικές και διαδραστικές. Η υλοποίηση της αφορά τον υπολογιστή-πελάτη (client-side).

Η JavaScript επιτρέπει στους δημιουργούς ιστοσελίδων να προσθέσουν πολλαπλές δυνατότητες στη σελίδα τους, όπως η εμφάνιση των στιγμιαίων σχολίων των χρηστών, η προηγμένη επεξεργασία μορφοποίησης, τα αναδυόμενα (pop-up) παράθυρα και πολλά άλλα [9]. Εκτός όμως από την είσοδο των παραπάνω δυνατοτήτων, μέσα από τη JavaScript μπορούν να δημιουργηθούν λειτουργικοί και καίριοι έλεγχοι για τη σελίδα. Παραδείγματος χάριν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο των περιεχομένων ενός HTML αρχείου, η επικύρωση των δεδομένων μιας φόρμας υποβολής, ή ακόμη τον έλεγχο των τιμών μιας μεταβλητής (Εικόνα 3). Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η περίσσεια δημιουργία διαφορετικών αρχείων και καθιστά τη συντήρηση της σελίδας πιο εύκολη [9]. Το χαρακτηριστικό αυτό προσδίδει ασφάλεια στα δεδομένα που εισάγονται, καθώς ελέγχονται τα στοιχεία για την εγκυρότητά τους πριν αποσταλούν στο διακομιστή (server). Επιπλέον, μέσα από τον έλεγχο αυτό μειώνεται ο κίνδυνος κακόβουλων επιθέσεων.

```
function myfunct(){
    var x = 5;
    var y = 6;
    var z = x + y;

    if(z>10){
        alert("Η τιμή ξεπερνά το όριο του 10.");
        document.getElementById("test").innerHTML = z;
    }
}
```

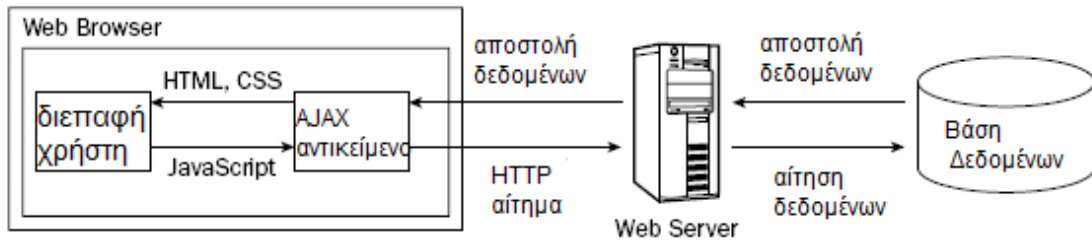
Εικόνα 3: Παράδειγμα κώδικα σε JavaScript.

2.1.4 AJAX

Παλαιότερα οι ιστοσελίδες για να ενημερώσουν το περιεχόμενό τους έπρεπε να γίνει φόρτωση ολόκληρης της σελίδας και όχι μόνο ενός μέρους αυτής. Κάτι τέτοιο είχε τεράστια μειονεκτήματα, καθώς η σελίδα καθυστερούσε να φορτώσει ξανά και σε περιπτώσεις που απαιτούνταν είσοδος χρήστη, τα δεδομένα καθυστερούσαν κατά την επικύρωση και τη μετάβαση του χρήστη στην επόμενη σελίδα. Όλα τα μεγάλα προγράμματα περιήγησης προσπαθούν να λύσουν αυτό το ζήτημα υιοθετώντας τη χρήση του XMLHttpRequest (XHR) αντικείμενου, επιτρέποντας στους φυλλομετρητές να επικοινωνήσουν με τον εξυπηρετητή (server), χωρίς να απαιτείται επαναφόρτωση της σελίδας.

Το αντικείμενο XMLHttpRequest αποτελεί μέρος μιας τεχνολογίας που ονομάζεται AJAX (Asynchronous JavaScript και XML) [9]. Χρησιμοποιώντας AJAX τα δεδομένα μεταφέρονται εύκολα μεταξύ του φυλλομετρητή και του εξυπηρετητή χρησιμοποιώντας το XMLHttpRequest αντικείμενο, χωρίς να χρειάζεται να φορτωθεί η ιστοσελίδα εκ νέου. Με την AJAX, οι διαδικτυακές εφαρμογές έχουν τη δυνατότητα να στέλνουν και να ανακτούν δεδομένα από ένα διακομιστή ασύγχρονα (στο παρασκήνιο), χωρίς να αλλάζει η συμπεριφορά της υπάρχουσας σελίδας. Ουσιαστικά, ολοκληρώνεται η ανταλλαγή δεδομένων με έναν server, και ενημερώνεται το ανάλογο τμήμα μιας ιστοσελίδας χωρίς να φορτώνεται εκ νέου ολόκληρη η σελίδα, επιτυγχάνοντας με αυτόν τον τρόπο πιο γρήγορη απεικόνιση των δεδομένων.

Στην Εικόνα 4 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρά μια σελίδα για την αποστολή και τη λήψη δεδομένων με τη χρήση του AJAX.



Εικόνα 4: Επικοινωνία με τη χρήση AJAX.

2.1.5 PHP

Η PHP αποτελεί γλώσσα προγραμματισμού η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για τη ανάπτυξη σελίδων με δυναμικό περιεχόμενο. Το όνομα της προκύπτει από τη φράση “Hypertext Preprocessor” [9]. Το περιεχόμενο μιας σελίδας που είναι γραμμένο σε PHP δεν είναι ορατό στον χρήστη μέχρι την εκτέλεσή του. Με την εκτέλεση του κώδικα αυτού, το αρχείο περνά από επεξεργασία μέσω του διακομιστή, με στόχο την παραγωγή του τελικού περιεχομένου της ιστοσελίδας. Οι εντολές μπορούν να ενσωματωθούν είτε στο υπάρχον αρχείο με τον HTML κώδικα ή σε ξεχωριστό αρχείο.

Η PHP έχει αρκετά πλεονεκτήματα και δυνατότητες, όπως:

1. Να παράγει δυναμικό περιεχόμενο σελίδων.
2. Να δημιουργήσει, να ανοίξει, να διαβάσει, να γράψει και να κλείσει αρχεία στο διακομιστή.
3. Να προσθέσει, να διαγράψει, να τροποποιήσει τα δεδομένα στη βάση δεδομένων.
4. Να περιορίσει τους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε ορισμένες σελίδες στον ιστοχώρο.
5. Να συλλέξει δεδομένα φόρμας.
6. Να στείλει και να πάρει cookies.
7. Να κρυπτογραφήσει δεδομένα.

Ως γλώσσα προγραμματισμού είναι ευρέως γνωστή για αρκετούς λόγους. Κύριο πλεονέκτημά της είναι η ευκολία μεταφοράς της σε οποιαδήποτε πλατφόρμα (εύκολα μεταφέρσιμη), καθώς έχει τη δυνατότητα να εκτελείται σε όλες τις πλατφόρμες χωρίς να υπάρχει κάποιο πρόβλημα ή να ζητούνται προαπαιτούμενα χαρακτηριστικά του συστήματος. Επίσης, είναι συμβατή σχεδόν με όλους τους server, όπως Apache, IIS κ.α. Η ευκολία στη χρήση της έγκειται στο γεγονός της επεξεργασίας του κώδικα αποκλειστικά από το server και όχι από το λειτουργικό σύστημα. Επιπροσθέτως, είναι ευρέως διαδεδομένη καθώς υποστηρίζει μεγάλο εύρος βάσεων δεδομένων, όπως η MySQL. Ακόμη, είναι μια σημαντική γλώσσα που τρέχει στην πλευρά του εξυπηρετητή, αρκετά χρήσιμη και εύκολη στη μάθηση.

Αξίζει να σημειωθεί η διαφορά της με την προαναφερθείσα JavaScript. Η JavaScript μπορεί να επιβραδύνει πολύ την εμφάνιση μιας ιστοσελίδας σε υπολογιστές με χαμηλή επεξεργαστική ισχύ, καθώς ο φυλλομετρητής θα πρέπει να εκτελέσει πρώτα τα κομμάτια κώδικα εκείνης πριν μπορέσει να εμφανίσει την ιστοσελίδα. Με το scripting [9] στην πλευρά του εξυπηρετητή όπως, δηλαδή με τη χρήση της PHP, αυτό το φορτίο μεταφέρεται στο μηχανήμα του Web Server.

2.1.6 MySQL

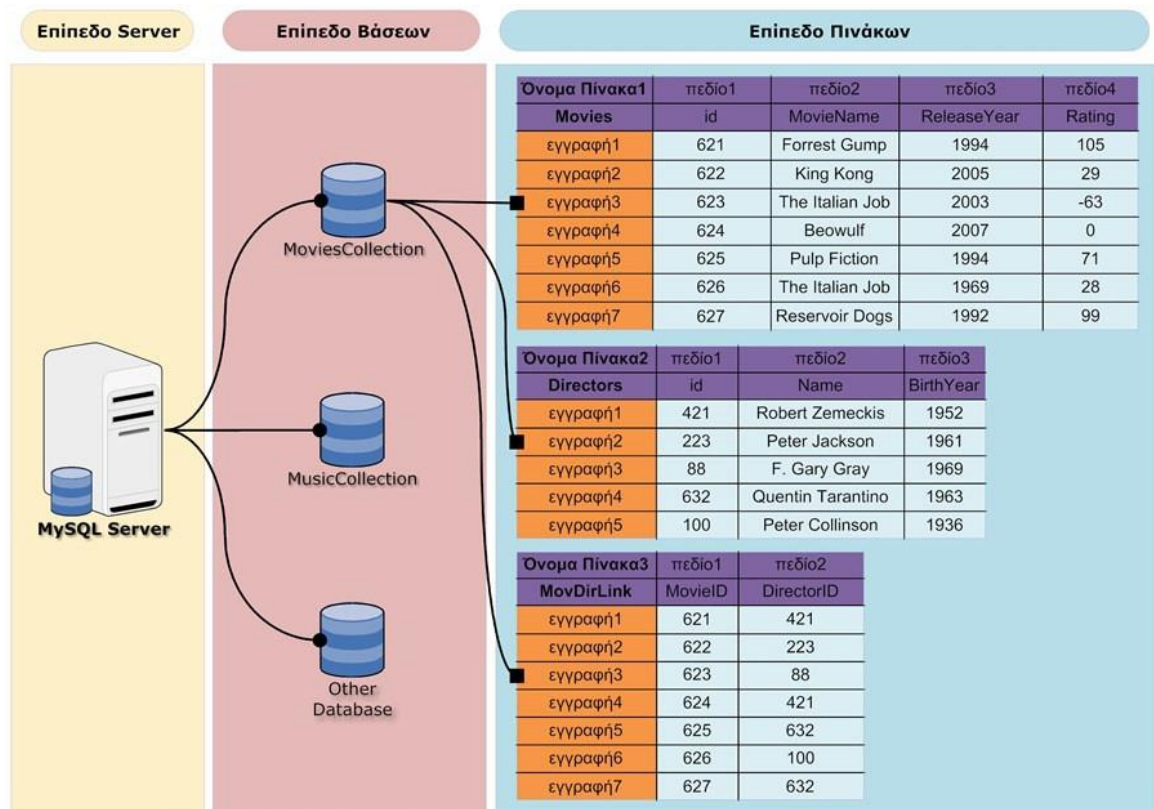
Η MySQL [9] είναι ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων. Ως σύστημα είναι αρκετά δημοφιλές στην επικοινωνία και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του ιστοχώρου και της βάσης δεδομένων. Η εγκατάστασή και η εκτέλεσή της γίνεται από έναν εξυπηρετητή (server) και δίνει τη δυνατότητα ταυτόχρονης «εξυπηρέτησης» διάφορων χρηστών σε διαφορετικές βάσεις δεδομένων.

Οι βάσεις δεδομένων χρησιμοποιούνται ευρέως, καθώς καταφέρνουν να οργανώνουν και να διαχειρίζονται μεγάλο όγκο πληροφοριών. Η MySQL αποτελεί ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων (relational database management system) ή RDBMS. Με τη χρήση αυτής, η πρόσβαση σε πληροφορίες αποθηκευμένες σε βάσεις δεδομένων είναι πιο εύκολη, καθώς χρησιμοποιείται μια γλώσσα συγγραφής σεναρίων στην πλευρά του διακομιστή (server-side scripting languages).

Τα δεδομένα στη MySQL αποθηκεύονται σε αντικείμενα βάσης δεδομένων τα οποία ονομάζονται πίνακες (Εικόνα 5). Κάθε πίνακας αποτελεί συλλογή σχετικών καταχωρήσεων

δεδομένων. Μια βάση δεδομένων μπορεί να έχει όσους πίνακες χρειαστεί, χωρίς να υπάρχει περιορισμός. Επίσης, οι πίνακες μεταξύ τους μπορούν να συνδεθούν με σκοπό την αλληλεπίδρασή και την ανταλλαγή πληροφοριών.

Το διαχειριστικό κομμάτι μιας βάσης υλοποιείται με τη χρήση SQL εντολών. Η πιο σημαντική ίσως κατηγορία εντολών που χρησιμοποιείται είναι τα ερωτήματα (queries). Ένα query μπορεί να είναι κάποιο ερώτημα στη βάση με σκοπό την επιστροφή αποτελέσματος ή ένα αίτημα για αποστολή δεδομένων. Η MySQL, επιτρέπει την επί μέρους διερεύνηση μιας βάσης δεδομένων και την επεξεργασία ή αποστολή των ανάλογων πληροφοριών.



Εικόνα 5: Αλληλεπίδραση βάσης δεδομένων με MySQL Server.

Οι βασικότερες εντολές SQL για μια βάση δεδομένων είναι οι εξής:

1. SELECT: Εξάγει δεδομένα από μια βάση δεδομένων.
2. UPDATE: Ενημερώνει δεδομένα πινάκων.
3. DELETE: Διαγράφει δεδομένα.

4. INSERT INTO: Εισάγει δεδομένα σε έναν πίνακα μιας βάσης δεδομένων.
5. CREATE DATABASE: Δημιουργεί μια βάση δεδομένων.
6. ALTER DATABASE: Τροποποιεί μια βάση δεδομένων.
7. CREATE TABLE: Δημιουργεί έναν νέο πίνακα.
8. ALTER TABLE: Τροποποιεί έναν πίνακα.
9. DROP TABLE: Διαγράφει έναν πίνακα.
10. CREATE INDEX: Δημιουργεί έναν δείκτη (κλειδί αναζήτησης).
11. DROP INDEX: Διαγράφει έναν δείκτη.

2.1.7 PHP Data Objects

Το PHP Data Objects (PDO) είναι ένα στρώμα πρόσβασης σε βάσεις δεδομένων και παρέχει μια ενιαία μέθοδο πρόσβασης σε αρκετές από αυτές. Διαφορετικές βάσεις δεδομένων μπορεί να έχουν ελαφρώς διαφορετικές μεθόδους σύνδεσης. Το PDO παρέχει αρκετές έτοιμες μεθόδους διασύνδεσης των βάσεων και εκτέλεσης των ερωτημάτων, ώστε να μπορεί να γίνει πιο εύκολα η ανταλλαγή των πληροφοριών σε οποιαδήποτε βάση δεδομένων.

Το στρώμα αυτό έχει πολλά θετικά στοιχεία, γι αυτό και χρησιμοποιείται κατά κόρον από προγραμματιστές τα τελευταία χρόνια. Εκτός από την ευκολία εκτέλεσης των ερωτημάτων και της σύνδεσης με οποιαδήποτε βάση δεδομένων, το PDO παρέχει και αυξημένη ασφάλεια στη βάση δεδομένων τόσο κατά τη σύνδεση όσο και κατά την εκτέλεση των ερωτημάτων. Μέσα από τη διαδικασία της σύνδεσης των παραμέτρων με μεταβλητές και όχι άμεσα με τις τιμές τις οποίες θέλει κάποιος να εισάγει στη βάση (Εικόνα 6), υπάρχει αυξημένη ασφάλεια καθώς σε περίπτωση υποκλοπής του ερωτήματος, ο υποκλοπέας δεν θα γνωρίζει τις τιμές που θα εισαχθούν στη βάση, ούτε όμως και τα στοιχεία της βάσης στη διαδικασία της σύνδεσης. Πιο συγκεκριμένα, το PDO βοηθά τη βάση να αποκτήσει ανοσία σε SQL επιθέσεις (SQL injections).

```
$sql= "SELECT filmID, filmName, FROM movies WHERE filmID = :filmID";  
$stmt = $pdo->prepare($sql);  
$stmt->bindParam(':filmID', $filmID, PDO::PARAM_INT);  
$stmt->execute();
```

Εικόνα 6: Παράδειγμα επιλογής συγκεκριμένων χαρακτηριστικών από έναν πίνακα της βάσης με τη χρήση PDO κατά την εκτέλεση του ερωτήματος.

Η ιστοσελίδα που δημιουργήθηκε για της ανάγκες της παρούσας εργασίας έχει υλοποιηθεί με βάση την παραπάνω τεχνική και χρησιμοποιεί όλες τις μεθόδους της.

2.1.8 Bootstrap

Το Bootstrap είναι ένα από τα πιο δημοφιλή HTML, CSS και JavaScript πλαίσια για την ανάπτυξη ιστοσελίδων με ρευστή διάταξη. Η ρευστή διάταξη χρησιμοποιείται κατά κόρον τα τελευταία χρόνια, καθώς μέσα από την τεχνική αυτή δημιουργούνται ιστοσελίδες οι οποίες ανταποκρίνονται στις ανάγκες της για εμφάνιση και λειτουργικότητα σε ποικίλες συσκευές πέρα από τους υπολογιστές. Το πλαίσιο αυτό είναι εντελώς δωρεάν και μπορεί να το χρησιμοποιήσει οποιοσδήποτε επιθυμεί.



Εικόνα 7: Το λογότυπο του Bootstrap στο οποίο φαίνονται και οι συσκευές στις οποίες είναι ορατή η σελίδα που έχει αναπτυχθεί μέσα στο εν λόγω πλαίσιο.

Η ιστοσελίδα που αναπτύχθηκε στην παρούσα διπλωματική έχει ως στόχο την εύκολη χρήση της από οποιαδήποτε κινητή συσκευή. Για το λόγο αυτό, έχει υλοποιηθεί με τη χρήση του πλαισίου Bootstrap.

2.2 Αρχιτεκτονική Raspberry pi

Το Raspberry Pi [10] είναι μια σειρά από υπολογιστές σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας. Το 2006 στο Πανεπιστήμιο του Cambridge μια ομάδα εργαζομένων στο τμήμα Computer Laboratory ανησυχούσε για το μειωμένο ενδιαφέρον των φοιτητών στην πληροφορική, καθώς και για τις περιορισμένες γνώσεις τους. Η ομάδα αυτή, που περιλάμβανε μεταξύ άλλων τους Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang, και Alan Mycroft, σκέφτηκε πως η λύση θα ήταν ένας εξαιρετικά μικρός και προσιτός υπολογιστής. Με ένα τέτοιο οικονομικό σύστημα θα ήταν δυνατόν να διδάσκεται πρακτικά η πληροφορική στα σχολεία και να αυξηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών για την πληροφορική. Αυτός ήταν και ο λόγος δημιουργίας του Raspberry Pi και συνεχίζει να αποτελεί μέχρι και σήμερα κινητήριο μοχλό για την περαιτέρω ανάπτυξή του.

Η ομάδα σχεδίασε αρχικά αρκετά πρότυπα του Raspberry Pi, ωστόσο λόγο του υψηλού κόστους κατασκευής και της χαμηλής ισχύος των επεξεργαστών για φορητές συσκευές, η δημιουργία του δεν ήταν εφικτή. Σταδιακά, όμως και καθώς το κόστος τεχνολογίας άρχισε να μειώνεται λόγω της μετέπειτα επέλασης των έξυπνων κινητών (smartphones), η υλοποίηση του Raspberry Pi φάνταζε βιώσιμη. Το 2008 με τη συνεργασία των Pete Lomas και David Braben δημιουργήθηκε το φιλανθρωπικό ίδρυμα Raspberry Pi Foundation και τρία χρόνια αργότερα κυκλοφόρησαν τα πρώτα τρία μοντέλα μικροϋπολογιστή Raspberry Pi, τα Model A, Model A+ και Model B.

2.2.1 Είδη Raspberry Pi

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται ξεχωριστά τα μοντέλα του Raspberry Pi, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Raspberry Pi

Τεχνικά Χαρακτηριστικά



Εικόνα 8: Raspberry Pi Model A.

Επεξεργαστής: Broadcom
BCM2835, 700 MHz single-core
ARM1176JZF-S

RAM: 256MB

Ethernet: Όχι

HDMI: (rev 1.3 & 1.4) υποδοχή

USB: 1xUSB 2.0 υποδοχή

Video: 15-pin MIPI camera
interface (CSI) υποδοχή

Αποθήκευση: SD / MMC / SDIO
card slot

Ρεύμα: 300 mA (1.5 W)

Ήχος: 3.5mm audio out jack

Μέγεθος: 85.60 mm × 56.5 mm



Εικόνα 9: Raspberry Pi 1 Model B 512 RAM.

Επεξεργαστής: Broadcom
BCM2835, 700MHz
ARM1176JZFS FPU

RAM: 512MB

Ethernet: 10/100 BaseT υποδοχή

HDMI: (rev 1.3 & 1.4) υποδοχή

USB: 2xUSB 2.0 υποδοχή

Video: RCA υποδοχή (PAL and
NTSC)

Αποθήκευση: SD / MMC / SDIO
card slot

Ρεύμα: 700 mA (3.5 W)

Ήχος: 3.5mm audio out jack

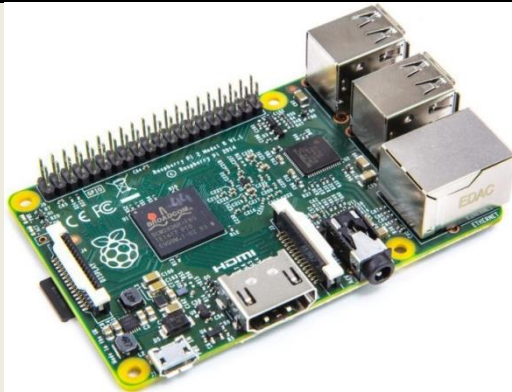
Camera: Header footprint for
camera connection

Μέγεθος: 85.60 mm × 56.5 mm



Εικόνα 10: Raspberry Pi 1 Model B+.

Επεξεργαστής: Broadcom BCM2835, 700MHz ARM1176JZFS FPU και Videocore 4 GPU
RAM: 512MB
Ethernet: 10/100 BaseT υποδοχή
HDMI: (rev 1.3 & 1.4) υποδοχή
USB: 4xUSB 2.0 υποδοχή
Video: RCA υποδοχή (PAL and NTSC)
Αποθήκευση: MicroSDHC υποδοχή
Ρεύμα: 600 mA (3.0 W)
Ήχος: 3.5mm audio out jack
Camera: Header footprint for camera connection
Μέγεθος: 85.6 x 53.98 x 17mm



Εικόνα 11: Raspberry Pi 2 Model B.

Επεξεργαστής: Broadcom BCM2836, 900 MHz quad-core ARM Cortex-A7
RAM: 1 GB
Ethernet: 10/100 BaseT υποδοχή
HDMI: (rev 1.3 & 1.4) υποδοχή
USB: 4xUSB 2.0 υποδοχή
Video: RCA υποδοχή (PAL and NTSC)
Αποθήκευση: MicroSDHC υποδοχή
Ρεύμα: 800 mA (4.0 W)
Ήχος: 3.5mm audio out jack
Camera: Header footprint for camera connection
Μέγεθος: 85.6 x 53.98 x 17mm

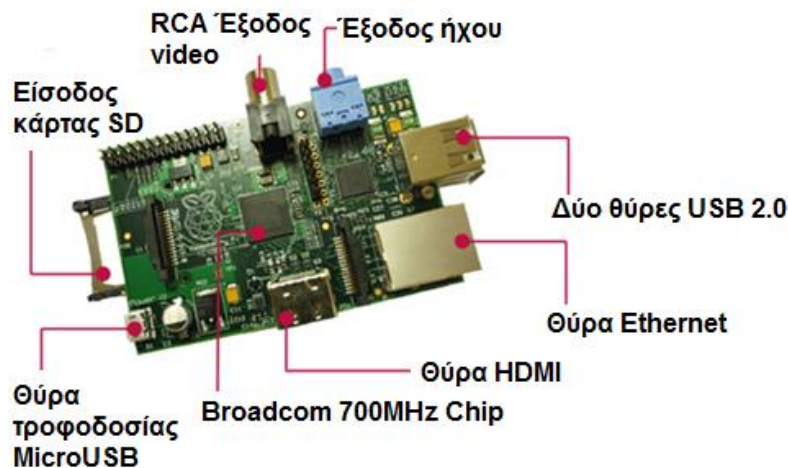
Πίνακας 2: Είδη Raspberry Pi.

2.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά Raspberry Pi 2 Model B

Το υλικό κατασκευής των παραπάνω μοντέλων είναι ίδιο, ωστόσο εμφανίζονται διαφορές τόσο σε τεχνικά χαρακτηριστικά όσο και στον αριθμό των θυρών USB και των GPIO pins. Για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε ο υπολογιστής

με πλακέτα Raspberry Pi 2 Model B. Η επιλογή αυτού έγινε με βάση της αυξημένες δυνατότητες του μοντέλου αυτού. Χρησιμοποιήθηκε επίσης το μοντέλο Raspberry Pi 1 Model B+ για δοκιμαστικούς σκοπούς, δεν ήταν όμως εφικτή η υλοποίηση της παρούσας εργασίας με τη χρήση αυτού λόγω του περιορισμένου μεγέθους της μνήμης του και επεξεργαστικής ισχύος, τα οποία δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις κίνησης του συστήματος.

Ο συγκεκριμένος μικροϋπολογιστής καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις της παρούσας διπλωματικής σε μνήμη και σε αριθμό pins, ενώ ταυτόχρονα έχει χαμηλό κόστος, της τάξης των €43,00. Πάνω στο Raspberry Pi έχουν συνδεθεί, μέσω HDMI, μια οθόνη, τα απαραίτητα περιφερειακά (ποντίκι, ηχεία, Wi-fi αντάπτορας) και μια USB κάμερα. Η τροφοδοσία που παρέχεται είναι από εξωτερική πηγή (πρίζα). Οι είσοδοι και οι έξοδοι του μικροϋπολογιστή φαίνονται στην Εικόνα 12.



Εικόνα 12: Μικροϋπολογιστής Raspberry Pi 2.

Τα pins [11] που βρίσκονται στη δεξιά πλευρά του Raspberry Pi διαδραματίζουν έναν ξεχωριστό και σημαντικό ρόλο στη σύνδεση του με άλλες συσκευές με σκοπό την κατασκευή και τον έλεγχο κάποιου κυκλώματος. Ονομάζονται *είσοδοι – έξοδοι γενικού σκοπού*, καθώς καθένα από αυτά έχει το δικό του ρόλο. Τα pins έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν συμπεριφορά ανάλογα με τις εντολές που λαμβάνουν από το λειτουργικό σύστημα. Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται μια αναπαράσταση των pins σε αντιστοιχία με το ρόλο τους.

Raspberry Pi 2 Model B (J8 Header)					
GPIO#	NAME			NAME	GPIO#
	3.3 VDC Power	1		2	5.0 VDC Power
8	GPIO 8 SDA1 (I2C)	3		4	5.0 VDC Power
9	GPIO 9 SCL1 (I2C)	5		6	Ground
7	GPIO 7 GPCLK0	7		8	GPIO 15 TxD (UART) 15
	Ground	9		10	GPIO 16 RxD (UART) 16
0	GPIO 0	11		12	GPIO 1 PCM_CLK/PWM0 1
2	GPIO 2	13		14	Ground
3	GPIO 3	15		16	GPIO 4 4
	3.3 VDC Power	17		18	GPIO 5 5
12	GPIO 12 MOSI (SPI)	19		20	Ground
13	GPIO 13 MISO (SPI)	21		22	GPIO 6 6
14	GPIO 14 SCLK (SPI)	23		24	GPIO 10 CE0 (SPI) 10
	Ground	25		26	GPIO 11 CE1 (SPI) 11
	SDA0 (I2C ID EEPROM)	27		28	SCL0 (I2C ID EEPROM)
21	GPIO 21 GPCLK1	29		30	Ground
22	GPIO 22 GPCLK2	31		32	GPIO 26 PWM0 26
23	GPIO 23 PWM1	33		34	Ground
24	GPIO 24 PCM_FS/PWM1	35		36	GPIO 27 27
25	GPIO 25	37		38	GPIO 28 PCM_DIN 28
	Ground	39		40	GPIO 29 PCM_DOUT 29

Εικόνα 13: GPIO Pins.

2.2.3 Λογισμικό Raspberry Pi

Το Raspberry Pi χρησιμοποιεί κυρίως λειτουργικά συστήματα Unix. Παρόλα αυτά, και εδώ υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μοντέλων.

Ο επεξεργαστής του βασίζεται στην έκδοση 6 ή 7 του ARM. Η τρέχουσα έκδοση του Ubuntu υποστηρίζει το Raspberry Pi 2, ενώ πολλές δημοφιλείς εκδόσεις Linux δεν υποστηρίζουν τα παλαιότερα μοντέλα όπως το Raspberry Pi 1. Αντίθετα με τα προηγούμενα μοντέλα, το Raspberry Pi 2 μπορεί να λειτουργήσει ακόμη και με Windows 10, ενώ καμία άλλη έκδοση του Pi μπορεί να λειτουργήσει με λειτουργικό σύστημα Windows.

Για λόγους συμβατότητας η κοινότητα έχει προχωρήσει στην ανάπτυξη λογισμικού το οποίο εκτελείται ομαλά όλα τα μοντέλα. Το κατάλληλο λειτουργικό επιλέγεται με βάση τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζεται ο μικροϋπολογιστής.

Τα δύο λειτουργικά συστήματα που έχουν αναπτυχθεί είναι:

1. **Raspbian:** Βασίζεται στην επιτυχημένη διανομή Debian και γνωρίζει μεγάλη άνθηση στην κοινότητα των προγραμματιστών.
2. **RaspBMC:** Βασίζεται στην επιτυχημένη διανομή του XBMC και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου ο χρήστης θα χειρίζεται το μικροϋπολογιστή ως media center.

Κατά την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Raspbian, ενώ έγιναν και δοκιμές σε περιβάλλον Linux, διανομή Ubuntu 12.04. Επιλέχθηκε το εν λόγω λειτουργικό σύστημα καθώς δεν επιφέρει πρόσθετα στοιχεία, είναι πιο εύχρηστο και διαχειρίζεται καλύτερα τους πόρους του συστήματος σε σχέση με τη διανομή Linux που δοκιμάστηκε. Δοκιμάστηκε η συγκεκριμένη διανομή Linux καθώς είναι η πιο πρόσφατη διανομή για την οποία έχουν δημιουργηθεί οδηγοί (drivers) για την στερεοσκοπική κάμερα.

Για τη λειτουργία του απαιτείται η εγκατάσταση του λογισμικού που θα επιλεγεί σε μια κάρτα SD ή Micro SD (ανάλογα με το μοντέλο που θα επιλεγεί). Το μέγεθος της κάρτας μνήμης ποικίλει ανάλογα με το στόχο λειτουργίας της συσκευής. Στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκε κάρτα Micro SD των 16GB καθώς απαιτείται αυξημένο μέγεθος μνήμης για τους σκοπούς της εφαρμογής.

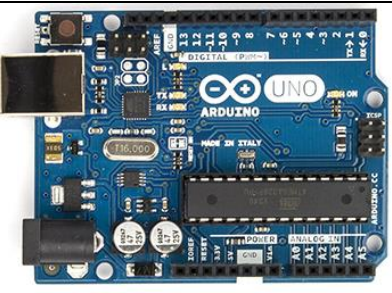
2.3 Αρχιτεκτονική Arduino

Το Arduino είναι υπολογιστική πλατφόρμα ανοικτού hardware βασισμένη σε μια απλή μητρική πλακέτα με εισόδους/εξόδους, η οποία προγραμματίζεται με τη γλώσσα Wiring⁴ [12]. Προορίζεται για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και για τη σύνδεση με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων όπως Processing, Max/MSP, Pure Data και SuperCollider.

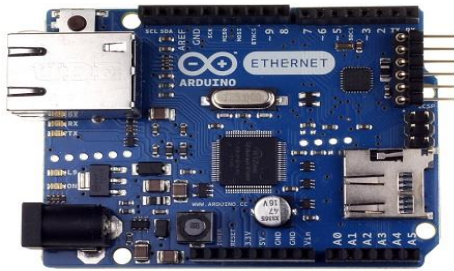
Για την επέκταση του Arduino χρησιμοποιούνται εξαρτήματα (Arduino Shields) τα οποία έχουν ως στόχο την επέκταση της λειτουργικότητάς του, όπως για παράδειγμα το Ethernet Shield που δίνει τη δυνατότητα στο Arduino στο internet. Στις παρακάτω υποενότητες παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι Arduino, ενώ αναλύεται ο μικροελεγκτής Arduino UNO που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική.

2.3.1 Είδη Arduino

Στον Πίνακα 3 που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια από τα είδη των μικροεπεξεργαστών Arduino [13] και τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.

Arduino	Τεχνικά Χαρακτηριστικά
 Εικόνα 14: Arduino UNO.	Μικροελεγκτής: ATmega328 Τάση λειτουργίας: 5V Ψηφιακές εισοδοι / έξοδοι: 14 (6 παρέχουν PWM έξοδο) Ρεύμα DC: 40 mA Αναλογικές εισοδοι: 6 Μνήμη Flash: 32 KB (ATmega328) SRAM: 2 KB (ATmega328) EEPROM: 1 KB (ATmega328) Ταχύτητα ρολογιού: 16 MHz

⁴ Η γλώσσα Wiring δεν είναι κάτι διαφορετικό από τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στη C++.



Εικόνα 15: Arduino Ethernet.

Μικροελεγκτής: ATmega328

Τάση λειτουργίας: 5V

Ψηφιακές εισοδοι / έξοδοι: 14
(4 παρέχουν PWM έξοδο)

Ρεύμα DC: 40 mA

Αναλογικές εισοδοι: 6

Μνήμη Flash: 32 KB (ATmega328)

SRAM: 2 KB (ATmega328)

EEPROM: 1 KB (ATmega328)

Ταχύτητα ρολογιού: 16 MHz



Εικόνα 16: Arduino Leonardo.

Μικροελεγκτής: ATmega32u4

Τάση λειτουργίας: 5V

Ψηφιακές εισοδοι / έξοδοι: 20 (7
παρέχουν PWM έξοδο)

Αναλογικές εισοδοι: 12

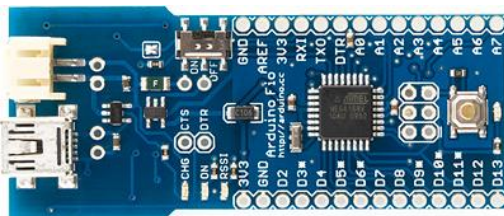
Ρεύμα DC: 40 mA

Μνήμη Flash: 32 KB (ATmega32u4)

SRAM: 2.5 KB (ATmega32u4)

EEPROM: 1 KB (ATmega32u4)

Ταχύτητα ρολογιού: 16 MHz



Εικόνα 17: Arduino Fio.

Μικροελεγκτής: ATmega328P

Τάση λειτουργίας: 3.3V

Ψηφιακές εισοδοι / έξοδοι: 14 (6
παρέχουν PWM έξοδο)

Ρεύμα DC: 40 mA

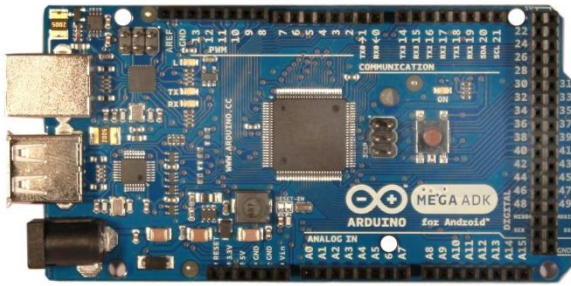
Αναλογικές εισοδοι: 8

Μνήμη Flash: 32 KB

SRAM: 2 KB

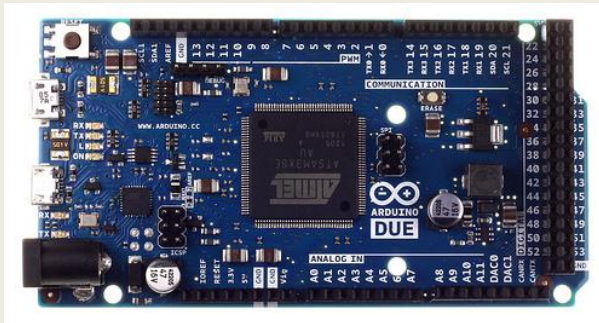
EEPROM: 1 KB

Ταχύτητα ρολογιού: 8 MHz



Εικόνα 18: Arduino Mega ADK.

Μικροελεγκτής: ATmega2560
Τάση λειτουργίας: 5V
Ψηφιακές εισόδους / εξόδους: 54 (15 παρέχουν PWM έξοδο)
Ρεύμα DC: 40 mA
Αναλογικές εισόδους: 16
Μνήμη Flash: 256 KB
SRAM: 8 KB
EEPROM: 4 KB
Ταχύτητα ρολογιού: 16 MHz



Εικόνα 19: Arduino Due.

Μικροελεγκτής: AT91SAM3X8E
Τάση λειτουργίας: 3.3V
Συνολικό DC ρεύμα εξόδου: 130 mA
Ψηφιακές εισόδους / εξόδους: 54 (12 παρέχουν PWM έξοδο)
Αναλογικές εισόδους: 12
Αναλογικές εξόδους: 2 (DAC)
Μνήμη Flash: 512 KB
SRAM: 96 KB (two banks: 64KB and 32KB)
Ταχύτητα ρολογιού: 84 MHz



Εικόνα 20: Arduino Yún.

Μικροελεγκτής: ATmega32u4
Τάση λειτουργίας: 5V
Ψηφιακές εισόδους / εξόδους: 20 (7 παρέχουν PWM έξοδο)
Ρεύμα DC: 40 mA
Αναλογικές εισόδους: 12
Μνήμη Flash: 32 KB
SRAM: 2.5 KB
EEPROM: 1 KB
Ταχύτητα ρολογιού: 16 MHz
Μικροεπεξεργαστής Linux: Processor Atheros AR9331
Αρχιτεκτονική: MIPS @400MHz
Τάση λειτουργίας: 3.3V
Ethernet: IEEE 802.3 10/100Mbit/s
Wi-Fi: IEEE 802.11b/g/n
Card Reader: Micro-SD only
RAM: 64 MB DDR2

Μνήμη Flash: 16 MB



Εικόνα 21: Arduino Micro

Μικροελεγκτής: ATmega32u4
Τάση λειτουργίας: 5V
Ψηφιακές εισόδους / εξόδους: 20 (7 παρέχουν PWM έξοδο)
Ρεύμα DC: 40 mA
Αναλογικές εισόδους: 12
Μνήμη Flash: 32 KB (ATmega32u4)
SRAM: 2.5 KB (ATmega32u4)
EEPROM: 1 KB (ATmega32u4)
Ταχύτητα ρολογιού: 16 MHz

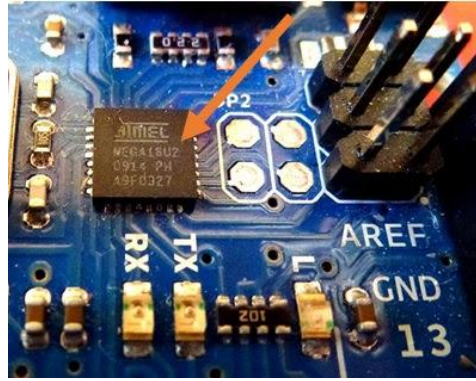
Πίνακας 3: Είδη μικροελεγκτών Arduino.

2.3.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3 αναφέρθηκαν περιληπτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά όλων των μικροεπεξεργαστών Arduino, μαζί και του Arduino UNO, τα οποία και θα αναλυθούν εκτενώς στην παρούσα υποενότητα. Ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική για τον έλεγχο και την κίνηση της κατασκευής. Καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις της σε μνήμη και αριθμό pins, ενώ ταυτόχρονα έχει χαμηλό κόστος, το οποίο είναι της τάξης των €20,00.

Το Arduino UNO, διαθέτει το μικροελεγκτή Atmega16U2 που έχει προγραμματισθεί ως μετατροπέας USB σε serial.

Το Arduino UNO όπως και το Raspberry Pi που αναφέρθηκε παραπάνω, φέρουν ένα σεβαστό αριθμό pins στην επιφάνειά τους. Κάθε pin έχει ξεχωριστές ιδιότητες και έχει τη δυνατότητα να εκτελεί διαφορετικές λειτουργίες. Τα pins χωρίζονται σε κατηγορίες τροφοδοσίας, εισόδου και εξόδου.



Εικόνα 22: Μικροεπεξεργαστής Atmega 16U2.

Τα pins τροφοδοσίας βρίσκονται στη μια πλευρά της πλακέτας και είναι τα εξής:

1. **VIN**: Η τάση εισόδου στην πλακέτα Arduino όταν χρησιμοποιείται μια εξωτερική πηγή ενέργειας. Στο βύσμα αυτό μπορούμε να συνδέσουμε τροφοδοσία για την πλακέτα ή να το χρησιμοποιήσουμε για τη μεταφορά ρεύματος σε κάποιο άλλο κύκλωμα.
2. **5V**: Σταθεροποιημένη έξοδο 5V.
3. **3V3**: Παρέχει τάση ίση με 3,3V τα οποία παράγονται από τον σταθεροποιητή. Η μέγιστη κατανάλωση ρεύματος στο pin αυτό είναι 50 mA.
4. **GND**: Χρησιμοποιείται ως γείωση.
5. **IOREF**: Παρέχεται η τάση αναφοράς με την οποία λειτουργεί ο μικροελεγκτής. Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση της πλακέτας με κάποιο άλλο Shield.



Εικόνα 23: Pins τροφοδοσίας.

Η τροφοδοσία στο Arduino UNO [13] μπορεί δοθεί είτε μέσω σύνδεσης του με θύρα USB ή με εξωτερικό τροφοδοτικό. Το εξωτερικό τροφοδοτικό μπορεί να είναι ένας προσαρμογέας (adapter) AC σε DC 7 – 12V, είτε μια μπαταρία. Ο προσαρμογέας θα πρέπει

να καταλήγει σε βύσμα διαμέτρου 2,1mm με θετικό κέντρο. Στην περίπτωση χρήσης μπαταρίας ως τροφοδοσία, αυτή μπορεί να συνδεθεί στις υποδοχές Gnd και Vin του Arduino.

Από την άλλη πλευρά της πλακέτας βρίσκονται τα pins εισόδου/εξόδου. Οι υποδοχές αυτές χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες, τις αναλογικές και τις ψηφιακές. Τα pins από μηδέν (0) έως δεκατρία (13) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ψηφιακές εξοδοι. Εκτός από ψηφιακές εξοδοι, ορισμένα pins επιτελούν και άλλες εργασίες. Αναλυτικότερα:

1. **Pin AREF:** χρησιμοποιείται ως παροχή τάσης αναφοράς στα αναλογικά pins.
2. **Pins 0 και 1:** λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής θύρας όταν το πρόγραμμά ενεργοποιεί τη σειριακή θύρα. Πιο συγκεκριμένα, όταν το πρόγραμμά στέλνει δεδομένα μέσω της σειριακής θύρας, αυτά προωθούνται και στη θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB, αλλά και στον ακροδέκτη 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μια άλλη συσκευή.
3. **Pins 2 και 3:** λειτουργούν ως εξωτερικά interrupt (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα). Λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές είσοδοι, με κατάλληλη ρύθμιση από τον κώδικα, ώστε όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές να διακόπτεται η κανονική ροή του προγράμματος και να εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupt χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας.
4. **Pins 3, 5, 6, 9, 10 και 11:** λειτουργούν και ως ψευδό-αναλογικές εξοδοι χρησιμοποιώντας PWM (Pulse Width Modulation).



Εικόνα 24: Ψηφιακά pins εισόδου / εξόδου Arduino UNO.

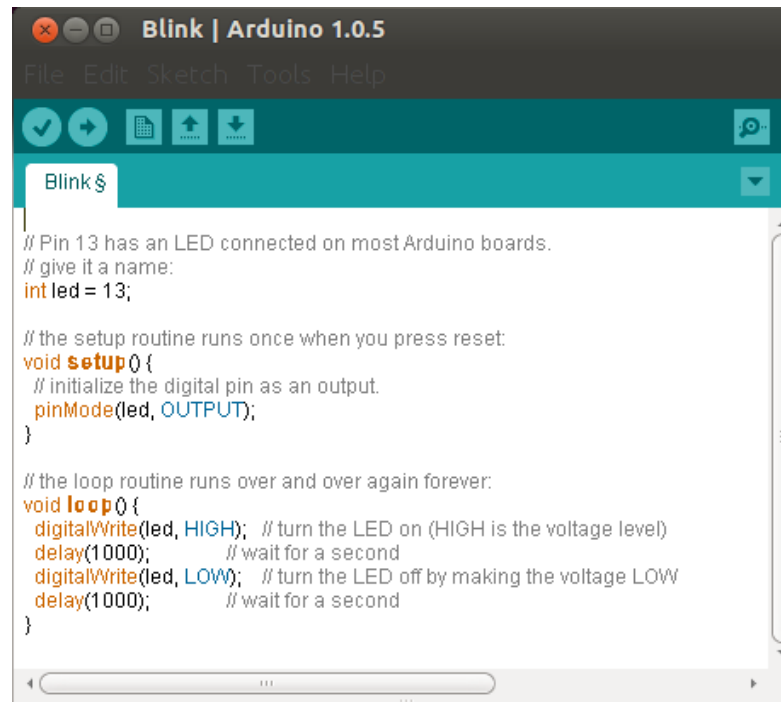
2.3.3 Προγραμματισμός Arduino UNO

Η γλώσσα προγραμματισμού του Arduino βασίζεται στη γλώσσα Wiring [12], μια παραλλαγή της C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR, όπως ο ATmega που χρησιμοποιείται στο Arduino UNO. Η γλώσσα αυτή υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C και έχει υιοθετήσει μερικά χαρακτηριστικά της C++. Ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libc.

Για τη συγγραφή προγραμμάτων για το Arduino χρησιμοποιείται η πλατφόρμα Arduino IDE. Η πλατφόρμα αυτή αποτελεί ένα ευέλικτο εργαλείο για τον προγραμματισμό εφαρμογών σε γλώσσα Wiring, καθώς δίνει τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να κάνει μεταγλώττιση εύκολα (με το πάτημα ενός κουμπιού) και με την αντίστοιχη ευκολία να μεταφέρει το εκτελέσιμο αρχείο στο μικροελεγκτή Arduino.

Ένα πρόγραμμα για κατασκευασμένο Arduino αποτελείται τρία μέρη [14], όπως φαίνεται στην Εικόνα 25:

- **τη δομή (structure):** στο κομμάτι αυτό γίνονται οι αρχικοποιήσεις των μεταβλητών και οι απαραίτητες αρχικοποιήσεις των pins που θα χρησιμοποιηθούν (εάν θα είναι εισόδου ή εξόδου).
- **τις μεταβλητές (variables):** ο όρος αυτός καθορίζει μεν την παραδοσιακή έννοια των μεταβλητών σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού, προσθέτει όμως και τα στοιχεία του Arduino. Τα στοιχεία αυτά αφορούν τις τιμές που θα έχουν υλικά που χρησιμοποιούνται, όπως για παράδειγμα η τιμή μιας λάμπας μπορεί να είναι HIGH ή LOW.
- **τις συναρτήσεις (functions):** στις βιβλιοθήκες της γλώσσας Wiring που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη κώδικα για Arduino υπάρχουν προκαθορισμένες συναρτήσεις με σκοπό τον εύκολο χειρισμό ορισμένων αντικειμένων σε προγραμματιστικό επίπεδο.



Εικόνα 25: Δομή κώδικα για το Arduino στο εργαλείο Arduino IDE.

2.4 Πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού

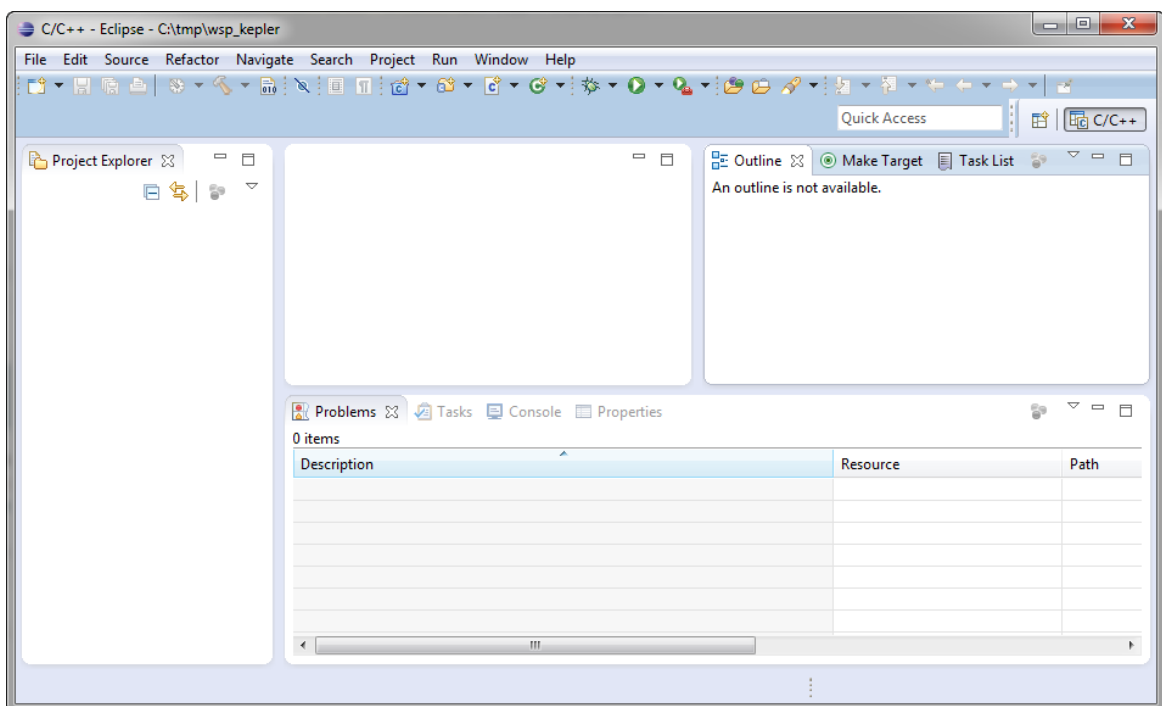
Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν στην πλειοψηφία τους λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Για τη συγγραφή του κώδικα χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα eclipse. Για την ανάπτυξη του κώδικα που αφορά την κίνηση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Arduino IDE. Η επεξεργασία των εικόνων έγινε με το πρόγραμμα GIMP και ο σχεδιασμός των κυκλωμάτων με το Fritzing. Κατά την ανάπτυξη της σελίδας χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία Notepad++ και Sublime text. Για τη δημιουργία του τοπικού διακομιστή χρησιμοποιήθηκε το πακέτο προγραμμάτων XAMPP.

2.4.1 Eclipse

Το Eclipse είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης προγραμμάτων και παρέχει στους προγραμματιστές όλα τα εργαλεία που χρειάζονται για μια πιο άμεση απασφαλμάτωση και ολοκλήρωση προγράμματος. Το περιβάλλον του προγράμματος φαίνεται στην Εικόνα 26. Είναι σχεδιασμένο κατά κύριο λόγο με Java και έχουν αναπτυχθεί διανομές για κάθε γλώσσα προγραμματισμού. Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε το “Eclipse IDE for C/C++ Developers Kepler Service Release 2”.

Οι λόγοι που προτιμάται το συγκεκριμένο εργαλείο είναι αρκετοί. Αρχικά, το περιβάλλον εργασίας του είναι απλό και εύχρηστο ακόμη και για νέους στον προγραμματισμό χρήστες. Μέσα από το εργαλείο αυτό δίνεται η δυνατότητα στον προγραμματιστή να εκτελέσει τη μεταγλώττιση ενός προγράμματος, συνδέοντας απλά τις βιβλιοθήκες του, χωρίς να χρειάζεται να γράφει μακροσκελείς εντολές σε περιβάλλον τερματικού.

Όσον αφορά την εγκατάστασή του, το Eclipse είναι ένα εργαλείο που έχει εκδόσεις για όλα τα λειτουργικά συστήματα (Windows, Linux, Mac), με αποτέλεσμα ο χρήστης να μπορεί επεξεργαστεί το πρόγραμμά του σε οποιοδήποτε λειτουργικό.

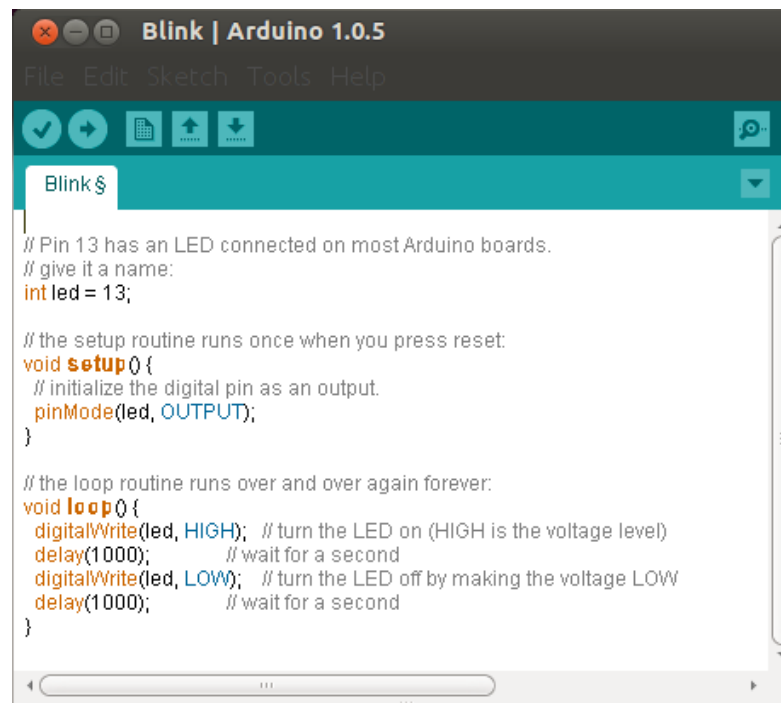


Εικόνα 26: Περιβάλλον εργασίας της πλατφόρμας Eclipse Kepler.

2.4.2 Arduino IDE

Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή Arduino, ονομάζεται Arduino IDE. Είναι εύκολο στη χρήση, συμπεριλαμβάνει τις πιο δημοφιλείς βιβλιοθήκες που μπορεί να χρειαστεί ένας χρήστης για την ανάπτυξη ενός προγράμματος. Επίσης, έχει αρκετά έτοιμα παραδείγματα προς εκτέλεση.

Το εν λόγω λογισμικό λειτουργεί σε περιβάλλοντα Windows, Mac OS X, και Linux, ενώ η κατασκευή του βασίζεται στη γλώσσα προγραμματισμού Java. Στην Εικόνα 27 αναπαρίσταται ένα παράδειγμα γραμμένο στην πλατφόρμα Arduino IDE.

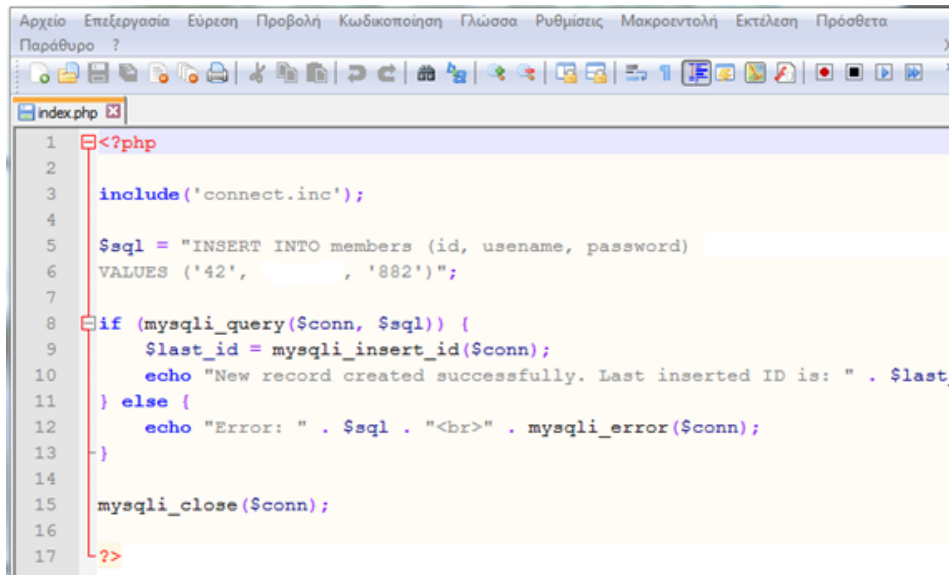


Εικόνα 27: Πλατφόρμα Arduino IDE.

2.4.3 Notepad ++

Το Notepad++ αποτελεί έναν από τους διασημότερους επεξεργαστές κειμένου ανοιχτού κώδικα με πάνω από είκοσι εφτά εκατομμύρια χρήστες. Υποστηρίζει πολλές γλώσσες προγραμματισμού και παρέχει διάφορα εργαλεία και διευκολύνσεις στον προγραμματιστή, όπως επισήμανση λαθών, υποστήριξη επεκτάσεων και άλλα. Το περιβάλλον της εφαρμογής απεικονίζεται στην Εικόνα 28.

Στην παρούσα διπλωματική η πλατφόρμα αυτή χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της ιστοσελίδας και ανάπτυξης όλων των script σε PHP, JavaScript, HTML, MySQL, AJAX και CSS.



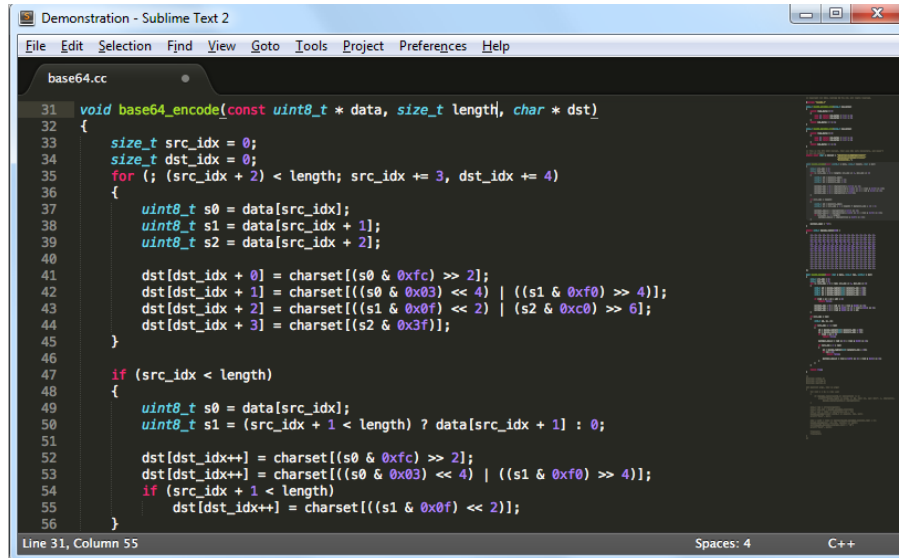
Εικόνα 28: Περιβάλλον εργασίας του προγράμματος Notepad ++.

2.4.4 Sublime text editor

Ο Sublime text editor (Εικόνα 29) είναι ένας ακόμη επεξεργαστής κειμένου ανοιχτού κώδικα. Το εργαλείο αυτό έχει όλα τα πλεονεκτήματα του Notepad++ που προαναφέρθηκε και εκτελεί όλες τις παραπάνω λειτουργίες.

Στην παρούσα διπλωματική το εργαλείο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της ιστοσελίδας σε περιβάλλον Linux, καθώς το Notepad++ δεν έχει αποκλειστική έκδοση για Unix συστήματα⁵. Η καινοτομία του εργαλείου είναι πως εισάγει αυτόματα το κλείσιμο των ετικετών, είναι πιο εύχρηστο όσον αφορά την επεξεργασία των αρχείων και εκτελεί πολλές από τις λειτουργίες του με τη χρήση εντολών.

⁵ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί όμως και σε Unix συστήματα με τη βοήθεια του εργαλείου Wine.



Εικόνα 29: Περιβάλλον εργασίας του προγράμματος Sublime text [15].

2.4.5 XAMPP

Το XAMPP [16] είναι ένα πακέτο συλλογής διακομιστών (servers) ελεύθερου λογισμικού, ανοιχτού κώδικα και ανεξαρτήτου πλατφόρμας το οποίο περιέχει τον εξυπηρετητή ιστοσελίδων http Apache, τη βάση δεδομένων MySql και ένα διερμηνέα για κώδικα γραμμένο σε γλώσσες προγραμματισμού PHP και Perl. Στην Εικόνα 30 απεικονίζεται το περιβάλλον του εργαλείου.

Το όνομά του προκύπτει από το ακρόνυμο

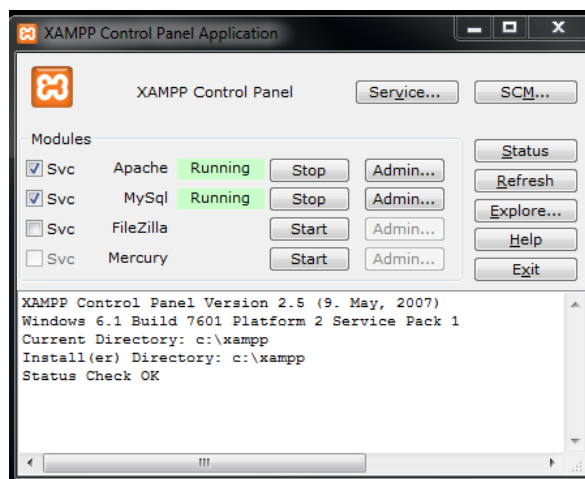
- **X** (αναφέρεται στο «cross-platform» που σημαίνει λογισμικό ανεξάρτητο πλατφόρμας)
- **A**pache HTTP Server
- **M**ySQL
- **P**HP
- **P**erl

Βασικός στόχος του εργαλείου αυτού είναι η δοκιμαστική ανάπτυξη της σελίδας από τους προγραμματιστές σε τοπικό επίπεδο (localhost) πριν εκείνη γίνει διαθέσιμη στο κοινό. Με την εγκατάστασή του στον τοπικό υπολογιστή, το εργαλείο δίνει τη δυνατότητα στον

χρήστη να διαχειρίζεται το localhost ως ένα απομακρυσμένο κόμβο, όπου ο localhost αποτελεί το συνδετικό κρίκο ανάμεσα στον προγραμματιστή και το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων.

Ως πρότυπη βάση δεδομένων για τις ανάγκες ανάπτυξης σελίδων, το εργαλείο XAMPP περιέχει και το σύστημα phpmyAdmin, όπου ο προγραμματιστής μπορεί να αναπτύξει μια βάση δεδομένων για να αλληλεπιδρά με τη σελίδα του. Το σύστημα αυτό παρέχει στους προγραμματιστές πλήρη ελευθερία στην ανάπτυξη βάσεων δεδομένων.

Για τις ανάγκες ανάπτυξης της ιστοσελίδας στη διανομή Ubuntu, χρησιμοποιήθηκε το αντίστοιχο εργαλείο XAMPP για Linux συστήματα, που ακούει στο όνομα “LAMP”. Ο LAMP εγκαθίσταται στο φάκελο /opt του αρχείου συστήματος και έχει ακριβώς την ίδια συμπεριφορά, τα ίδια χαρακτηριστικά και έχει τις ίδιες παροχές με το XAMPP.

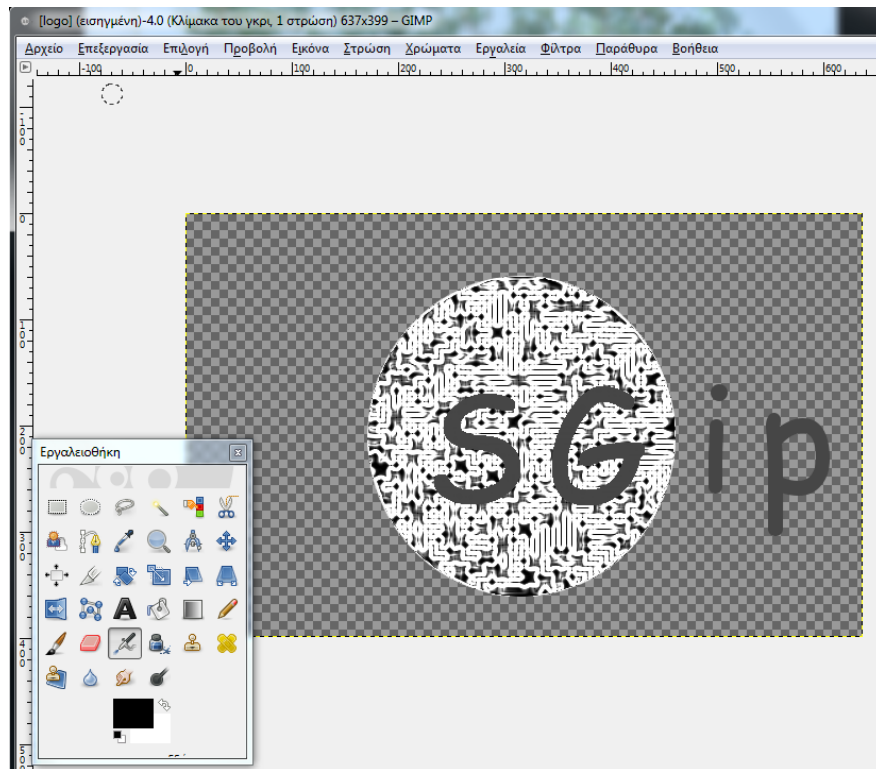


Εικόνα 30: Εργαλείο XAMPP.

2.4.6 Gimp

Το GIMP (GNU Image Manipulation Program) είναι ένα ελεύθερο πρόγραμμα δημιουργίας και επεξεργασίας γραφικών. Είναι ένα εύχρηστο πρόγραμμα με αρκετές δυνατότητες και ευχάριστο περιβάλλον (Εικόνα 31). Το GIMP χρησιμοποιείται από γραφίστες και φωτογράφους για την κατασκευή ή την επεξεργασία εικόνων.

Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του λογοτύπου του ιστοχώρου.

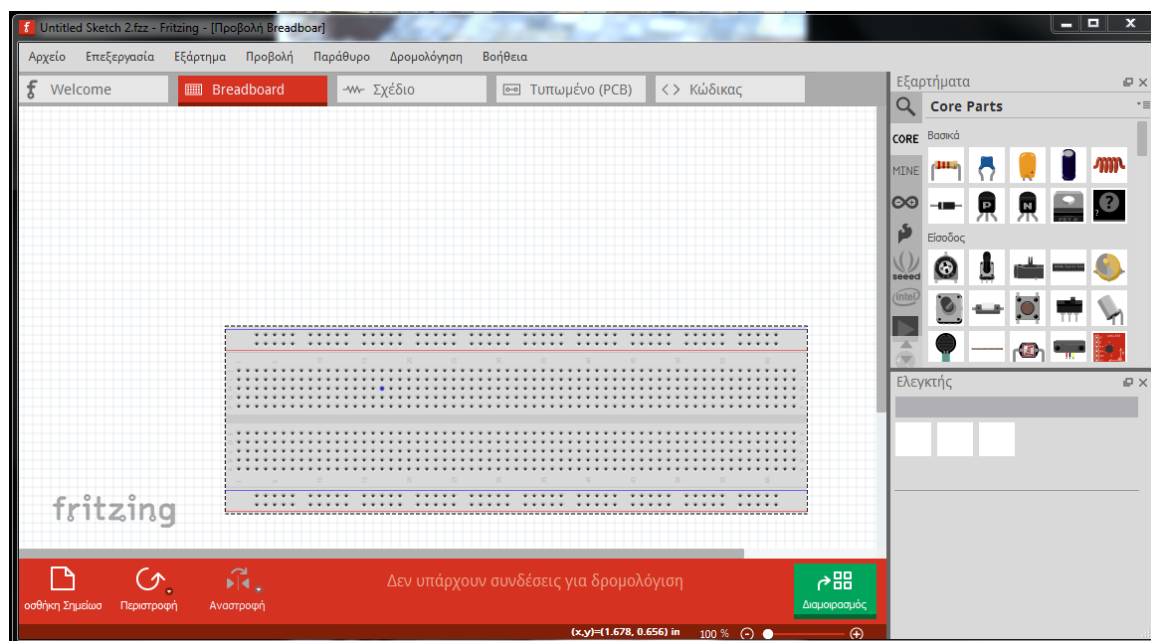


Εικόνα 31: Δημιουργία λογότυπου στο εργαλείο GIMP.

2.4.7 Fritzing

Το Fritzing είναι μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα για τη σχεδίαση κυκλωμάτων. Παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία σχεδίασης, πλήθος ηλεκτρονικών στοιχείων και μικροελεγκτών, συμπεριλαμβανομένου και του Arduino UNO. Το εργαλείο αυτό δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας ηλεκτρονικού σχεδίου καθώς και την εκτύπωση PCB. Το Fritzing χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική για τη σχεδίαση του κυκλώματος.

Το περιβάλλον εργασίας του προγράμματος (Εικόνα 32) είναι εύχρηστο και ευδιάκριτο. Το λογισμικό μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιοδήποτε λογισμικό σύστημα, χωρίς ιδιαίτερες απαραίτητες προϋποθέσεις. Σημειώνεται ότι το λογισμικό είναι ανοικτού κώδικα.



Εικόνα 32: Περιβάλλον εργασίας προγράμματος Fritzing.

3

Όραση μηχανής

Το τρίτο κεφάλαιο αφορά κυρίως την είσοδο του αναγνώστη στις έννοιες της μηχανικής όρασης οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν σε επόμενο κεφάλαιο για την κατανόηση του αλγορίθμου της διπλωματικής εργασίας. Στο κεφάλαιο αυτό μπορεί κανείς να κατανοήσει την έννοια της μηχανικής όρασης, τους τομείς στους οποίους μπορεί αυτή να χρησιμοποιηθεί και τις βιβλιοθήκες με τις οποίες γίνεται η ανάπτυξη των προγραμμάτων της. Στην τελευταία ενότητα, αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο «χωρίζεται» μια εικόνα και ο λόγος που απαιτούνται συγκεκριμένες διαδικασίες ώστε να παραχθεί το αποτέλεσμα της εργασίας.

3.1 Όραση Μηχανής

Η *μηχανική όραση*, υπολογιστική όραση ή αλλιώς τεχνητή όραση, αποτελεί επιστημονικό πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης το οποίο επιχειρεί να αναπαράγει αλγοριθμικά την αίσθηση της όρασης, συνήθως σε κάποιο ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το πεδίο αυτό σχετίζεται με την σχεδίαση και την κατασκευή συστημάτων τα οποία λαμβάνουν και επεξεργάζονται ψηφιακές εικόνες, παράγοντας δεδομένα. Τα εν λόγω δεδομένα μπορούν να είναι για παράδειγμα φωτογραφίες, βίντεο, όψεις από πολλαπλές κάμερες ή ακόμη και πολυδιάστατες εικόνες από ιατρικό σαρωτή.

Στόχος της μηχανικής όρασης είναι να εφαρμόσει θεωρίες και μοντέλα για την κατασκευή μηχανικών συστημάτων με δυνατότητα όρασης. Παραδείγματα εφαρμογών τέτοιων συστημάτων είναι τα εξής:

1. Έλεγχος διαδικασιών (π.χ. ένα βιομηχανικό ρομπότ ή ένα αυτόνομο όχημα).
2. Ανίχνευση συμβάντων (π.χ. οπτική επιτήρηση).
3. Οργάνωση πληροφοριών (π.χ. ευρετηριοποίηση βάσεων δεδομένων και ακολουθιών εικόνων).
4. Εξομοίωση αντικειμένων και περιβαλλόντων (π.χ. βιομηχανική επιθεώρηση, ιατρική ανάλυση εικόνας ή τοπογραφική εξομοίωση).
5. Αλληλεπίδραση χρηστών με υπολογιστικά συστήματα (π.χ. ως είσοδος σε μια συσκευή επικοινωνίας ανθρώπου / μηχανής).

Όλες αυτές οι διαδικασίες λαμβάνουν κάποια δεδομένα εισόδου τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν κάποιες «κωδικοποιημένες» πληροφορίες όπως "η κάμερα είναι τοποθετημένη σε ένα αυτοκίνητο" ή "το λείζερ που καταδεικνύει ένα αντικείμενο, δείχνει ότι η απόστασή του είναι ένα μέτρο μακριά". Μέσα από την απεικόνιση ή την επεξεργασία των δεδομένων, υπάρχει η δυνατότητα της αυτόματης λήψης απόφασης από το σύστημα ή της απόφασης του χρήστη σχετικά με τα αποτελέσματα που έχουν δημιουργηθεί. Η απόφαση μπορεί να είναι κάτι απλό, όπως "υπάρχει ένα άτομο σε αυτή τη σκηνή" ή να αφορά μια πιο σύνθετη διαδικασία, για παράδειγμα "υπάρχουν δεκατέσσερα (14) καρκινικά κύτταρα στην εικόνα". Σε κάθε νέα αναπαράσταση προκειμένου να παραχθεί ορθό αποτέλεσμα, δίνεται η δυνατότητα της μετατροπής των εικόνων στην κλίμακα του γκρι ή ακόμη και η χρήση διαφόρων φίλτρων για την αφαίρεση της κίνησης.

Για την περαιτέρω κατανόηση της λειτουργίας της όρασης μηχανής, αρκεί κάποιος να στοχαστεί τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου ματιού και τη συνεργασία του με τον εγκέφαλο. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος διχάζει το σήμα που λαμβάνει από το μάτι σε πολλά κανάλια που ρέουν διαφορετικά είδη πληροφοριών. Ο εγκέφαλός έχει ένα σύστημα που προσδιορίζει τα σημαντικά μέρη μιας εικόνας για να εξετάσει ή να προσδιορίσει το αντικείμενο που αναζητά, ενώ παράλληλα καταστέλλει την εξέταση των άλλων περιοχών. Υπάρχουν εκτεταμένες αισθητηριακές εισοδοί ελέγχου των μυών και όλων των άλλων αισθήσεων που επιτρέπουν στον εγκέφαλο να αντλήσει από παλαιότερες εικόνες και γνώσεις που έχει αποκτήσει. Η βρόχοι ανάδρασης στον εγκέφαλο βρίσκονται πίσω από την όλη

διαδικασία της επεξεργασίας, με στόχο να ελέγχουν μηχανικά το φωτισμό μέσω της ίριδας και να συντονίζουν την υποδοχή στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς.

Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες, ώστε η παραπάνω διαδικασία έχει προσομοιωθεί όσο το δυνατόν καλύτερα και στη μηχανική όραση. Έχει περιγραφεί άλλωστε και ως συμπλήρωμα (αλλά όχι απαραίτητα αντίθετο) της βιολογικής όρασης. Στην τελευταία, μελετώνται η οπτική αντίληψη των ανθρώπων και των ζώων με αποτέλεσμα την παραγωγή μοντέλων σχετικά με το πώς αυτά τα συστήματα λειτουργούν υπό το πρίσμα των φυσιολογικών διαδικασιών. Η μηχανική όραση από την άλλη μελετά και περιγράφει το τεχνητά συστήματα όρασης που εφαρμόζονται σε λογισμικό ή/και σε υλικό υπολογιστών. Η διεπιστημονική ανταλλαγή μεταξύ της βιολογικής και υπολογιστικής όρασης αποδεικνύεται όλο και περισσότερο καρποφόρα και για τους δύο τομείς.

Σε ένα σύστημα μηχανικής όρασης, ο υπολογιστής λαμβάνει ένα πλέγμα αριθμών από την κάμερα ή από μια φωτογραφία, όπως φαίνεται την παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 33: Η εικόνα ενός αυτοκινήτου όπως γίνεται αντιληπτή από την όραση μηχανής. Οι αριθμοί που αντιλαμβάνεται το σύστημα αντιστοιχούν σε διάφορες συνιστώσες του αντικειμένου το οποίο απεικονίζεται, στην παρούσα εικόνα τον καθρέπτη του αυτοκινήτου.

Σε αυτή την εικόνα το ανθρώπινο μάτι βλέπει ένα αυτοκίνητο από την πλευρά του οδηγού, με όλες τις λεπτομέρειες όπως καθρέφτες, πόρτες κτλ [4]. Αυτό που ο υπολογιστής

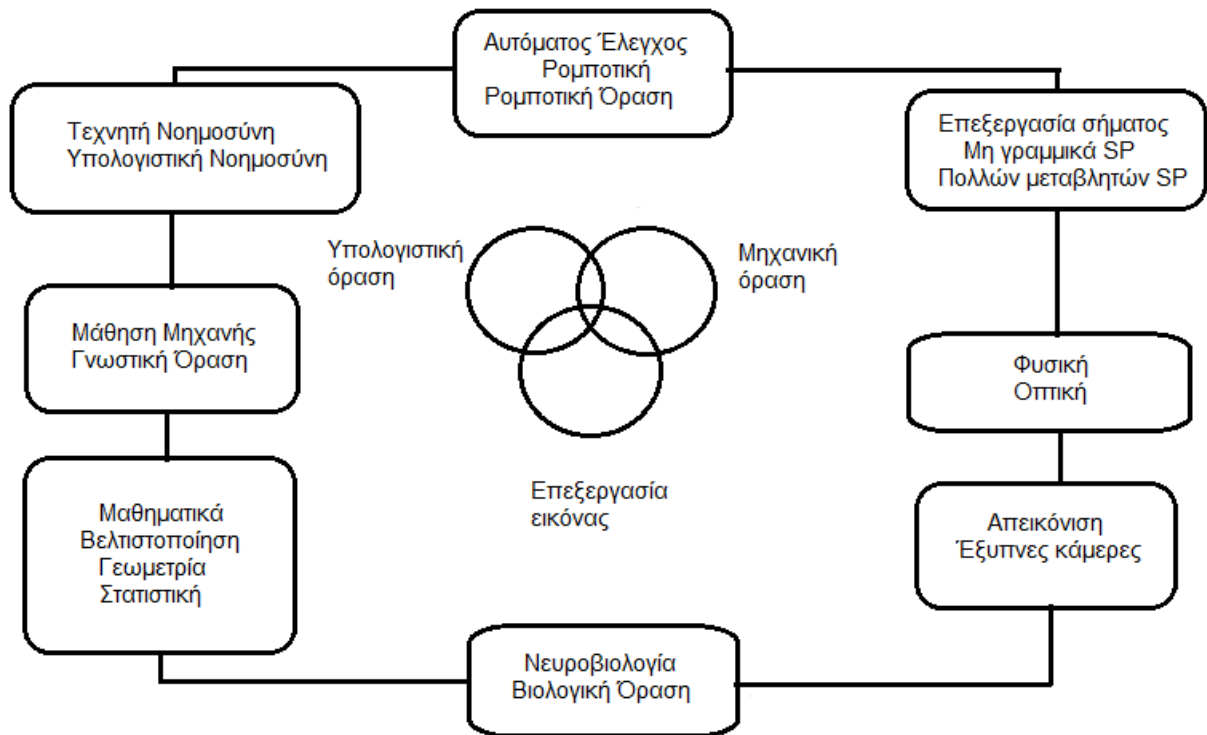
«βλέπει» είναι μόνο ένα πλέγμα των αριθμών. Οποιοσδήποτε αριθμός μέσα σε αυτό το πλέγμα φέρει μια πληροφορία σχετικά με το αντικείμενο το οποίο αντικατοπτρίζει. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός αυτός φέρει ένα αρκετά μεγάλο συστατικό θορύβου και έτσι οι πληροφορίες που δίνει δεν είναι απόλυτα «καθαρές». Ο θόρυβος αυτός μπορεί να προέρχεται είτε από το φως είτε από κάποια ανομοιομορφία στην επιφάνεια του αντικειμένου.

Με στόχο τη λήψη και την επεξεργασία των πληροφοριών, ο τομέας της μηχανικής όρασης χωρίζεται ιεραρχικά σε τρία επίπεδα:

- Όραση χαμηλού επιπέδου: στο στάδιο αυτό γίνεται η επεξεργασία της εικόνας που έχει ληφθεί και η εξαγωγή των χαρακτηριστικών της, όπως ακμές, γωνίες, χρώματα και άλλα.
- Όραση μεσαίου επιπέδου: εφόσον έχει γίνει εξαγωγή των χαρακτηριστικών, λαμβάνονται τα στοιχεία από το προηγούμενο επίπεδο και αναλύεται η κίνηση που υπάρχει στην εικόνα. Εάν είναι απαραίτητο, στο στάδιο αυτό, δημιουργείται τρισδιάστατη κατασκευή της εικόνας αυτής.
- Όραση υψηλού επιπέδου: στο τελευταίο αυτό στάδιο, λαμβάνει τις πληροφορίες από το προηγούμενο με σκοπό την ταξινόμηση και την εκκίνηση των διεργασιών που πρέπει να γίνουν σύμφωνα με το αποτέλεσμα που έχει παραχθεί.

Η μηχανική όραση αποτελεί συμπληρωματικό και συνδεδετικό κρίκο μεταξύ πολλών επιστημών. Μπορεί να θεωρηθεί ο αντίστροφος κλάδος της πληροφορικής εάν τεθεί σε σύγκριση με τον κλάδο των γραφικών υπολογιστών. Στα γραφικά υπολογιστών παράγονται εικόνες από δισδιάστατα και τρισδιάστατα μοντέλα, ενώ στην όραση μηχανής το μοντέλο που παράγεται βασίζεται αποκλειστικά στην επεξεργασία των εικόνων.

Τα πρώτα βήματα για την ανάπτυξη του τομέα αυτού έγιναν στη δεκαετία του '70 από ερευνητές του τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης, οι οποίοι είχαν ως στόχο την ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων με τη δυνατότητα όρασης. Ο τομέας της όρασης μηχανής ανατάσσεται και εξελίσσεται συνεχώς, καθώς συμβαδίζει με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και τις απαιτήσεις της εποχής. Τα επιστημονικά πεδία που συμβάλλουν και σήμερα στην ανάπτυξη του τομέα αυτού, είναι Τεχνητή Νοημοσύνη, η Επεξεργασία Εικόνας και η Αναγνώριση Προτύπων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Σύνδεση του πεδίου της όρασης μηχανής με άλλα επιστημονικά πεδία [1].

Η Τεχνητή Νοημοσύνη αναπτύσσει αλγορίθμους με στόχο την επέκτασή τους ώστε να χρησιμοποιηθούν και από τον τομέα της όρασης μηχανής. Η Επεξεργασία Εικόνων επικεντρώνεται κυρίως στη λήψη πληροφοριών μέσα από το χειρισμό της εκάστοτε εικόνας. Στο κομμάτι αυτό συμπεριλαμβάνεται και το πεδίο βελτιστοποίησης της ποιότητας των εικόνων, το οποίο βρίσκεται ακόμη σε πρωταρχικό στάδιο, καθώς δεν έχει γίνει ακόμη πλήρης αφαίρεση των διαφόρων θορύβων που εισάγονται στην εικόνα. Επιπροσθέτως, η Επεξεργασία Εικόνων, παρέχει διάφορους μετασχηματισμούς που αφορούν τη μετατροπή δισδιάστατων εικόνων σε τρισδιάστατες μέσω της βαθμονόμησης της κάμερας, την απομόνωση του θορύβου, την εύρεση χαρακτηριστικών όπως οι ακμές ενός αντικειμένου ακόμη και τη μετατόπιση, την περιστροφή και την ανάκτηση χαμένων πληροφοριών μέσα από μια εικόνα. Οι περισσότεροι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν σε ένα μεγάλο ποσοστό την επεξεργασία εικόνων, καθώς μέσα από το στάδιο αυτό παρέχονται χρήσιμα στοιχεία.

Η αναγνώριση προτύπων με τη χρήση διαφορετικών τεχνικών, όπως οι στατιστικές προσεγγίσεις και τα νευρωνικά δίκτυα, εξάγει πληροφορίες από κάθε εικόνα μέσω σημάτων και τεχνικών εκμάθησης για την αναγνώριση και ταξινόμηση προτύπων. Οι τεχνικές

αναγνώρισης προτύπων χρησιμοποιούνται ευρέως τα τελευταία χρόνια σε εφαρμογές που αφορούν τη μηχανική όραση και έχουν βελτιστοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό, ώστε να θεωρούνται αξιόπιστες.

Εφαρμογές της μηχανικής όρασης

Οι εφαρμογές της μηχανικής όρασης είναι ποικίλες και αφορούν διάφορους τεχνολογικούς τομείς. Οι βασικές λειτουργίες των εφαρμογών αυτών είναι κοινές σε όλους τους τομείς που χρησιμοποιούνται.

Οι πρώτες εφαρμογές που αναπτύχθηκαν αφορούσαν κυρίως στρατιωτικούς σκοπούς. Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα είναι η καθοδήγηση των πυραύλων, η ανίχνευση στρατευμάτων καθώς και η δημιουργία οπλικών συστημάτων που ανιχνεύουν πρότυπα και ενεργούν κατά βούληση. Όσον αφορά την καθοδήγηση των πυραύλων, τα νέα οπλικά συστήματα έχουν την επιλογή να καθοδηγούν τον πύραυλο μέσα από ένα σύστημα συντεταγμένων, ώστε να πέσει σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή στόχο. Η όραση μηχανής χρησιμοποιείται στον τομέα αυτό για να αποφευχθούν τυχόν λάθη από το χειρισμό τέτοιου είδους μηχανημάτων από ανθρώπους. Για την αύξηση της αξιοπιστίας και τη μείωση της πολυπλοκότητας χρησιμοποιείται αυτόματη επεξεργασία δεδομένων τα οποία λαμβάνονται από πολλαπλούς αισθητήρες.

Η μηχανική όραση όμως δεν έχει εφαρμογή μόνο στον στρατιωτικό τομέα. Η επεξεργασία ιατρικών δεδομένων είναι ένας ακόμη τομέας όπου έχουν αναπτυχθεί αρκετές εφαρμογές. Οι ιατρικές εφαρμογές που βασίζονται στον τομέα της όρασης μηχανής έχουν ως κύριο άξονά τους την επεξεργασία εικόνων. Οι εικόνες αυτές μπορεί να προέρχονται είτε από κάποιο μικροσκόπιο, από υπερήχους, τομογράφους ή κάποιο άλλο μέσο καταγραφής εικόνων. Κάποια ενδεικτικά παραδείγματα χρήσης του τομέα αυτού στην ιατρική είναι η εύρεση όγκων, η ανίχνευση κάποιας κυτταρικής ή χρωμοσωμικής αντίθεσης και η κατηγοριοποίηση των κύτταρων. Βεβαίως, τα αποτελέσματα που εξάγονται εξετάζονται και από τους γιατρούς καθώς στην ιατρική όσο αξιόπιστο κι αν είναι ένα μηχάνημα, δεν μπορεί να «αποφασίσει», σε ορισμένες περιπτώσεις, μόνο του για την κατάσταση ενός όγκου ή ενός κυττάρου.

Μεγάλη άνθηση, γνωρίζει ο τομέας αυτός και στη ρομποτική. Όταν ένα ρομπότ κινείται σε άγνωστο χώρο ή σε χώρο που μπορεί να αλλάξει η διάταξή του, τότε εμφανίζεται η ανάγκη της όρασης μηχανής. Η όραση μηχανής μέσα από τις διεργασίες που χρησιμοποιεί δίνει τη δυνατότητα στο ρομπότ να μπορεί να κινηθεί με άνεση σε ένα χώρο, να αποφεύγει τα εμπόδια και να αλλάζει πορεία ανάλογα με τα ερεθίσματα που λαμβάνει από το περιβάλλον. Σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου (Real Time Applications) το ρομπότ απαιτεί να έχει στη διάθεσή του πολλές εικόνες το δευτερόλεπτο ειδικά όταν κινείται με μεγάλη ταχύτητα. Συνήθως χρησιμοποιούνται επαναδιαμορφούμενες διατάξεις από ολοκληρωμένα κυκλώματα και αισθητήρες οι οποίοι προγραμματίζονται με τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής όρασης.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για να αντιλαμβάνεται ένα ρομπότ τη διάταξη του χώρου που βρίσκεται μπορεί να είναι:

- Αισθητήρες αφής.
- Διατάξεις πομποδεκτών υπερύθρων.
- Διατάξεις πομποδεκτών υπερήχων (σόναρ).
- Διατάξεις με κάμερες.

Ερευνητικό αντικείμενο με έντονο ενδιαφέρον αποτελεί η χαρτογράφηση χώρου με βάση τη στερεοσκοπική όραση και γενικότερα οι επέκταση των αλγορίθμων μηχανικής όρασης στο πεδίο της στερεοσκοπίας.

Προβλήματα της ρομποτικής όρασης

Η όραση μηχανής καλείται να αντιμετωπίσει πολλά και διαφορετικά προβλήματα ανάλογα με τον τομέα στον οποίο χρησιμοποιείται. Το μεγαλύτερο πρόβλημα το οποίο προσπαθεί να καταστείλει μέσα από διάφορους τρόπους είναι η παρεμβολή που δημιουργείται στις εικόνες λόγω φωτεινότητας. Οι διεργασίες που αφορούν την εξαγωγή χαρακτηριστικών προκειμένου να γίνει ανίχνευση κάποιου αντικειμένου ή η αναγνώριση ενός ατόμου, έρχονται αντιμέτωπες με την αυξημένη πιθανότητα σφάλματος κατά την επεξεργασία των εικόνων, λόγω φωτός. Το φως έχει την ικανότητα να αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά της εικόνας στην οποία προσπίπτει. Έτσι όταν οι εικόνες αυτές μεταβαίνουν στο στάδιο της επεξεργασίας, δεν είναι δυνατή η αναγνώριση κάποιων χαρακτηριστικών και έτσι υπάρχει μεγάλη πιθανότητα σφάλματος. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται

όλο και περισσότερες τεχνικές που προσπαθούν να μειώσουν την εισαγωγή αυτού του θορύβου ή να την καταστείλουν ως ένα σημείο για να παραχθούν σωστά αποτελέσματα.

Άλλο ένα πρόβλημα που συναντάται συχνά στην όραση μηχανής, είναι η αναγνώριση των αντικειμένων. Για να μπορέσει να χαρακτηριστεί το αντικείμενο ως γνωστό ή άγνωστο θα πρέπει να έχει προηγηθεί η εκπαίδευση του συστήματος σχετικά με το ποια θεωρούνται γνωστά και ποια άγνωστα αντικείμενα. Η εκπαίδευση αυτή γίνεται μέσα από ορισμένα δείγματα φωτογραφιών και είναι ακόμη σε πρωταρχικό στάδιο, καθώς υπάρχουν αρκετοί τρόποι και αλγόριθμοι ώστε να γίνει σωστή αναγνώριση. Το πρόβλημα στο κομμάτι αυτό αφορά τον αριθμό των εικόνων που απαιτούνται για την εκπαίδευση. Επειδή, ο αριθμός αυτός δεν είναι σταθερός και κάθε εφαρμογή έχει διαφορετικές ανάγκες, απαιτείται να γίνεται ενδελεχής έρευνα του αριθμού των εικόνων καθώς και της ποιότητας αυτών, ώστε να βρεθεί το δείγμα εκείνο το οποίο θα δίνει το βέλτιστο αποτέλεσμα αναγνώρισης.

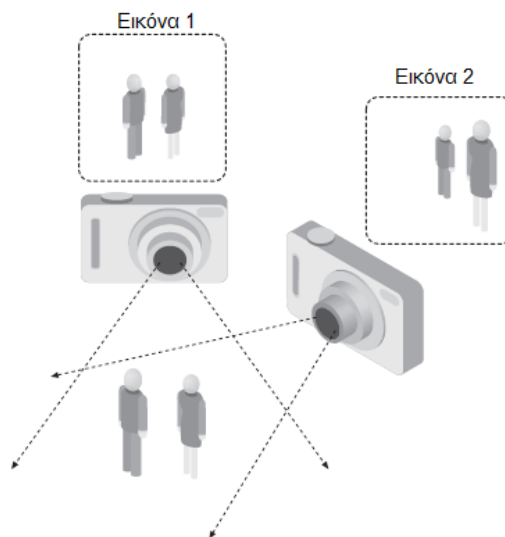
Τέλος, σημαντικό πρόβλημα αποτελεί η ανακατασκευή και η ανάκτηση των εικόνων. Το πρόβλημα στις εφαρμογές αυτές είναι η τρισδιάστατη κατασκευή της εικόνας. Για να ανακτηθεί ή να ανακατασκευαστεί μια εικόνας, με τη χρήση των αλγορίθμων που βασίζονται στην όραση μηχανής, απαιτείται η τρισδιάστατη μετατροπή της. Σε περιπτώσεις όπου πρέπει να ανακτηθεί ή να ανακατασκευαστεί μεγάλο κομμάτι της εικόνας, χωρίς να υπάρχουν τα απαραίτητα στοιχεία ή να υπάρχει αυξημένος θόρυβος, τότε το τρισδιάστατο μοντέλο που θα παραχθεί θα έχει αυξημένη πιθανότητα σφάλματος.

Οι επιστήμονες προσπαθούν μέσα από την ανάπτυξη αλγορίθμων και τεχνικών να βελτιστοποιήσουν τον τομέα αυτό και να φέρουν την όραση μηχανής όσο πιο κοντά γίνεται στη βιολογική όραση.

3.2 Στερεοσκοπική όραση

Η στερεοσκοπία ή στερεοσκοπική όραση [6] είναι η οπτική ανάμιξη δύο πανομοιότυπων αλλά όχι ίδιων εικόνων σε μία, με αποτέλεσμα να υφίσταται η οπτική αντίληψη της στερεότητας και του βάθους. Στον ανθρώπινο εγκέφαλο, η στερεοσκοπία προκύπτει από ένα πολύπλοκο σύνολο μηχανισμών που σχηματίζουν μία τρισδιάστατη αντίληψη μέσω της συσχέτισης κάθε σημείου στο ένα μάτι κάποιου, με ένα αντίστοιχο σημείο στο άλλο. Όταν στον εγκέφαλο αποτυπώνεται μια εικόνα ενός επαναλαμβανόμενου σχεδίου, υπάρχει μια σύγχυση σχετικά με την ακριβή θέση των αντικειμένων καθώς από κάθε μάτι εισάγεται το ίδιο μοτίβο εικόνας αλλά με διαφορετική αντιστοιχία.

Με πιο απλά λόγια, ως στερεοσκοπική όραση ορίζεται η διαδικασία ανάκτησης πληροφοριών από δύο ή περισσότερες εικόνες που έχουν ληφθεί από διαφορετικές οπτικές γωνίες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 34. Η ανάκτηση πληροφοριών [7] αφορά την αντίληψη της δομής του χώρου και του βάθους του σε τρισδιάστατη μορφή.



Εικόνα 34: Εικόνες από διαφορετική οπτική γωνία για το σχηματισμό στερεοσκοπικής εικόνας [4].

Η εύρεση αντιστοιχιών ανάμεσα σε δύο εικόνες πραγματοποιείται με την ταυτοποίηση των σημείων των δύο εικόνων που αναφέρονται στο ίδιο σημείο της σκηνής στον τρισδιάστατο χώρο. Η εύρεση αντιστοιχιών αποτελεί το δυσκολότερο στάδιο της διαδικασίας

της στερεοσκοπικής όρασης. Εάν δεν επιτευχθεί η εύρεση αντιστοιχιών μεταξύ δύο εικόνων τότε δεν μπορεί να υπολογιστεί η απόσταση του αντικειμένου από το σημείο αναφοράς (την κάμερα) και συνεπώς και καμία άλλη διαδικασία που να απαιτεί την επεξεργασία στοιχείων που βρίσκονται και στις δύο εικόνες. Αυτό συμβαίνει γιατί το σημείο που αποτελεί κοινό σημείο αναφοράς και στις δύο εικόνες φέρει διαφορετικές τιμές με αποτέλεσμα οι υπολογισμοί σε όποια άλλη διαδικασία το χρησιμοποιεί, να μην είναι ακριβείς.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι και τεχνικές για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος. Η κυριότερη τεχνική που εφαρμόζεται ευρέως ονομάζεται **στερεοσκοπική διόρθωση εικόνας** (stereo rectification), η διαδικασία της οποίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 35. Η όλη λειτουργία της τεχνικής αυτής βασίζεται στη δημιουργία και τη χρήση ενός πίνακα, του **πίνακα παραλλάξεων (disparity map)**⁶. Η διαφορά ανάμεσα στη θέση ενός σημείου στη μία και στην άλλη εικόνα ονομάζεται **παράλλαξη (disparity)**. Στον πίνακα που προαναφέρθηκε, αποθηκεύεται η τιμή παράλλαξης για κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας που αναπαριστά τη σκηνή. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της παράλλαξης, τόσο πιο κοντά βρίσκεται το σημείο στην κάμερα. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της παράλλαξης τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από την κάμερα. Η απόσταση ενός σημείου της σκηνής από το σημείο αναφοράς⁷ είναι αντιστρόφως ανάλογη της παράλλαξης [4]. Για την απλούστευση των υπολογισμών χρησιμοποιούνται συνήθως κάμερες που βρίσκονται ακριβώς στο ίδιο ύψος, παράλληλες μεταξύ τους με μικρή εστιακή απόσταση.

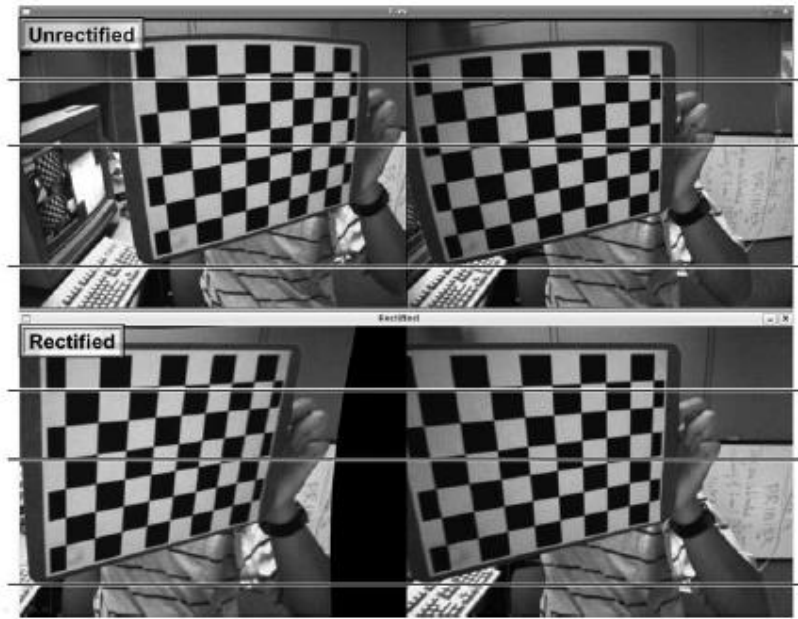
Μια ακόμη μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται κατά κόρον στη στερεοσκοπική όραση είναι το **καλιμπράρισμα της κάμερας** (camera calibration). Η μέθοδος αυτή έχει ως στόχο τη διόρθωση των στρεβλώσεων που προκαλούνται κατά την απεικόνιση της εικόνας, βρίσκοντας τις ποσότητες στο εσωτερικό της φωτογραφικής μηχανής που επηρεάζουν τη διαδικασία αυτή. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση της διαδικασίας αυτής υπολογίζει τη μήτρα της κάμερας (τον πίνακα των εικονοστοιχείων) με τη χρήση των εξωγενών⁸ και

⁶ Ως “παράλλαξη” ορίζεται η όποια διαφορά στη θέση της προβολής ενός σημείου της σκηνής πάνω στις δύο στερεοσκοπικές εικόνες.

⁷ Ως σημείο αναφοράς ορίζεται η θέση της κάμερας.

⁸ Οι εξωγενείς παράμετροι αποτελούνται από την περιστροφή, R , και τη μετάφραση, t . Οι συντεταγμένες του οπτικού κέντρου της φωτογραφικής μηχανής του x - και y -άξονα καθορίζουν το επίπεδο της εικόνας.

ενδογενών⁹ παραμέτρων. Με το πέρας εκτέλεσης του αλγορίθμου παράγεται το ποσοστό λάθους απεικόνισης της εικόνας. Εάν η τιμή αυτή είναι αρκετά αυξημένη, τότε πρέπει να γίνει ξανά καλιμπράρισμα της εικόνας με τη χρήση μεθόδων που παρέχονται από την εκάστοτε βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 35: Παράδειγμα διαδικασίας stereo rectification [4].

Στη βιβλιοθήκη OpenCV, η οποία θα αναλυθεί εκτενέστερα σε ακόλουθη ενότητα, υπάρχουν τρεις μέθοδοι για το καλιμπράρισμα της εικόνας:

- Κλασσική λευκή-μαύρη σκακιέρα.
- Συμμετρικό κυκλικό σχήμα.
- Ασύμμετρο κυκλικό σχήμα.

Και οι τρεις μέθοδοι έχουν το ίδιο αποτέλεσμα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η πρώτη μέθοδος.

⁹ Οι ενδογενείς παράμετροι περιλαμβάνουν το εστιακό μήκος, το οπτικό κέντρο και την κλίση.

Στερεοσκοπικές κάμερες

Το εγχείρημα της χρήσης δύο καμερών που να βρίσκονται στο ίδιο ύψος και να έχουν μικρή εστιακή απόσταση απαιτούσε αρκετό χρόνο ώστε να μπορέσουν να δημιουργηθούν οι στερεοσκοπικές εικόνες και να γίνει σωστή λήψη και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Έχοντας ως γνώμονα τον τρόπο επίτευξης της στερεοσκοπίας, οι επιστήμονες ανέπτυξαν τις στερεοσκοπικές κάμερες. Οι στερεοσκοπικές κάμερες αποτελούν φυσικές συσκευές αλληλεπίδρασης (*Natural Interaction Device*), δηλαδή συσκευές που αιχμαλωτίζουν την κίνηση του σώματος και τους ήχους και επιτρέπουν μια πιο φυσική αλληλεπίδραση των χρηστών με τους υπολογιστές, στα πλαίσια της δημιουργίας ενός φυσικού περιβάλλοντος εργασίας για το χρήστη. Με σκοπό την απρόσκοπτη ανάπτυξη του τομέα της στερεοσκοπικής όρασης, οι εταιρείες Microsoft και ASUS ανέπτυξαν τις στερεοσκοπικές κάμερες Kinect (Εικόνα 36) και Xtion Live (Εικόνα 37) αντίστοιχα.



Εικόνα 36: Microsoft Kinect.

Το Kinect αναπτύχθηκε από την εταιρεία Rare, θυγατρική της Microsoft, ενώ η τεχνολογία της κάμερας αναπτύχθηκε από την ισραηλινή εταιρία PrimeSense. Η τεχνολογία που αναπτύχθηκε δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα μέσα από συγκεκριμένες χειρονομίες να ελέγχει ηλεκτρονικές συσκευές χωρίς τη χρήση κάποιας άλλης συσκευής εισόδου. Επίσης, σε μεταγενέστερο στάδιο αναπτύχθηκε παρόμοια τεχνολογία για την αναγνώριση κινήσεων του σώματος.

Για να γίνει η λήψη των κινήσεων ή των χειρονομιών χρησιμοποιείται μια υπέρυθρη κάμερα, ένας προβολέας υπέρυθρων και ένα ειδικό μικροτσίπ για να παρακολουθεί την κίνηση των αντικειμένων και τα άτομα, σε τρεις διαστάσεις. Συνοδευτικό κομμάτι της κατασκευής αποτελεί ο αισθητήρας βάθους. Ακόμη, η συσκευή διαθέτει μία "RGB" κάμερα και ένα multi-array μικρόφωνο.

Το λογισμικό του σε συνδυασμό με το υλικό δίνουν στο Kinect τη δυνατότητα να εκτελεί πλήρη σωματική απεικόνιση 3D, καταγραφή κίνησης, αναγνώριση προσώπου και δυνατότητες αναγνώρισης φωνής. Επιτρέπει ακόμη, την προηγμένη αναγνώριση χειρονομιών, αναγνώριση προσώπου και αναγνώριση φωνής.

Το Kinect συνδέεται με όλα τα λειτουργικά συστήματα ακόμη και με την παιχνιδοκονσόλα XBOX 360, ενώ υπάρχει κοινότητα προγραμματιστών που ασχολούνται αποκλειστικά με την ανάπτυξη νέων εφαρμογών και παιχνιδιών. Η αχίλλειος πτέρνα του Kinect είναι στην τροφοδοσία του, καθώς πρέπει να συνδεθεί σε παροχή ρεύματος για να λειτουργήσει.



Εικόνα 37: Asus Xtion Pro.



Εικόνα 38: Asus Xtion Pro Live.

Εκτός από την εταιρεία Rare και τη Microsoft, σημαντική είναι και η συμβολή της εταιρείας ASUS στον τομέα αυτό με την παραγωγή της στερεοσκοπικής κάμερας Xtion Pro. Η κάμερα αυτή αποτελούσε την είσοδο της εταιρείας στο χώρο της στερεοσκοπικής όρασης και η χρήση της ήταν κυρίως προγραμματιστική. Το πρώτο μοντέλο της εταιρείας, η Xtion Pro, διέθετε υπέρυθρη κάμερα μαζί με έναν προβολέα υπέρυθρων και έναν αισθητήρα βάθους. Οι εφαρμογές που μπορούσε να υποστηρίξει ήταν όσες και η παραπάνω κάμερα με τη μόνη διαφορά ότι μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνο σε κάποιον υπολογιστή και η σύνδεση της με κάποια άλλη συσκευή ή την τηλεόραση γινόταν με τη χρήση των συσκευών ASUS WAVI. Στη συσκευή αυτή η USB θύρα της αποτελεί και το μέσο τροφοδοσίας της.

Με την επέλαση της πλατφόρμας Kinect, και τη ραγδαία εξάπλωσή της στην αγορά, η εταιρία Asus ανέπτυξε το επόμενο μοντέλο της, την στερεοσκοπική κάμερα Asus Xtion Pro Live (Εικόνα 38). Εκτός από τα χαρακτηριστικά που διέθετε το προηγούμενο μοντέλο, η Xtion Pro Live διαθέτει επιπλέον δύο μικρόφωνα, για εφαρμογές αναγνώρισης φωνής, μια "RGB" κάμερα, ενώ συνδέεται αποκλειστικά μέσω USB με τον υπολογιστή ή όποια άλλη συμβατή συσκευή.

Η φιλοσοφία της εταιρείας ASUS ήταν όχι μόνο να παράγει ένα προϊόν που θα έχει ευρεία κατανάλωση και θα είναι ανταγωνιστικό, αλλά να δώσει τροφή στους προγραμματιστές να ασχοληθούν με τον τομέα της τεχνητής όρασης και να τον αναπτύξουν μέσα από τη δημιουργία εφαρμογών και παιχνιδιών. Για το λόγο αυτό, η διαχείριση και ο προγραμματισμός της κάμερας αυτής είναι ιδιαίτερα φιλικά προς το χρήστη σε περιβάλλον Windows. Σε περιβάλλον Unix εμφανίζεται άμεση ανάπτυξη νέων βιβλιοθηκών και προγραμμάτων για τον εύκολο προγραμματισμό της.

Αξίζει να σημειωθεί ότι καμία από τις παραπάνω στερεοσκοπικές κάμερες δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε εξωτερικό χώρο λόγω του προβολέα υπέρυθρων. Ο προβολέας χρησιμεύει στην παραγωγή της εικόνας, την απεικόνιση βάθους και τη μέτρηση της απόστασης ενός αντικείμενου από το σημείο αναφοράς. Όταν η υπέρυθη ακτίνα που πέφτει από την κάμερα σε ένα αντικείμενο, με σκοπό να μετρήσει την απόσταση μέσω της ανάκλασης, έρθει σε επαφή με την ακτινοβολία του ηλίου, το ποσό της ανακλώμενης ακτίνας που επιστρέφει στην κάμερα δεν είναι το σωστό με αποτέλεσμα η μέτρηση της απόστασης να μην είναι έγκυρη. Δυστυχώς, ακόμη και αν δεν απαιτείται η χρήση της υπέρυθρης ακτινοβολίας σε κάποια εφαρμογή, δεν μπορεί να αποφευχθεί η λειτουργία του προβολέα υπέρυθρων.

Στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκε η στερεοσκοπική κάμερα ASUS Xtion Pro Live λόγω χαμηλής κατανάλωσης και τροφοδοσίας, καθώς η κατασκευή απαιτεί μια μόνο πηγή ρεύματος (μέσω USB). Κυρίως όμως χρησιμοποιήθηκε για ερευνητικούς σκοπούς.

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής σε περιβάλλον Unix χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες OpenCV και OpenNI που αναλύονται στην επόμενη παράγραφο.

3.3 Βιβλιοθήκη OpenCV

Η βιβλιοθήκη OpenCV σχεδιάστηκε με στόχο την ανάπτυξη αλγορίθμων που αφορούν τη μηχανική όραση και λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο. Η κύρια γλώσσα προγραμματισμού της είναι η C και είναι δομημένη ώστε να μπορεί να επωφεληθεί από επεξεργαστές με πολλούς πυρήνες. Ένας από τους στόχους της βιβλιοθήκης αυτής είναι να

παρέχει μία απλή τεχνητής όρασης, η οποία θα βοηθάει τους χρήστες να δημιουργούν γρήγορα και ευέλικτα εφαρμογές τεχνητής όρασης.

Ο αριθμός των συναρτήσεων που περιέχονται είναι περισσότερες από πεντακόσιες (500) και καλύπτουν πολλές περιοχές της όρασης όπως, επιθεώρηση εργοστασιακών προϊόντων, ιατρική εικόνα, ασφάλεια, διεπαφή χρήστη, calibration κάμερας, στερεοσκοπική όραση και ρομποτική. Επειδή η τεχνητή όραση και η εκπαίδευση μηχανής συνήθως είναι αλληλένδετες, το OpenCV περιέχει επίσης μία ολοκληρωμένη, γενικής χρήσης βιβλιοθήκη εκπαίδευσης μηχανής (MLL, Machine Learning Library). Η βιβλιοθήκη αυτή επικεντρώνεται στην αναγνώριση προτύπων μέσω στατιστικών υπολογισμών και ομαδοποίησης. Η MLL είναι πολύ χρήσιμη για έργα όρασης τα οποία αποτελούν τη βασική αποστολή του OpenCV, αλλά γενικά χρησιμοποιείται για οποιοδήποτε πρόβλημα εκπαίδευσης μηχανής.

Οι περισσότεροι επιστήμονες ηλεκτρονικών υπολογιστών και πρακτικοί προγραμματιστές γνωρίζουν κάποιες πτυχές του ρόλου που παίζει η τεχνητή όραση. Αλλά λίγοι άνθρωποι γνωρίζουν όλους τους τρόπους χρήσης της. Για παράδειγμα, οι περισσότεροι άνθρωποι γνωρίζουν κάπως την χρήση της στην ηλεκτρονική επιτήρηση και πολλοί γνωρίζουν την αυξανόμενη χρήση της στις εικόνες και στα βίντεο που υπάρχουν στο διαδίκτυο. Μερικοί επίσης έχουν δει την χρήση της τεχνητής όρασης στις διεπαφές παιχνιδιών. Ακόμα λιγότεροι έχουν αντιληφθεί ότι οι περισσότερες εναέριες και επίγειες φωτογραφίες δρόμων σε χάρτες κάνουν χρήση του καλιμπραρίσματος της κάμερας και διαφόρων τεχνικών ένωσης εικόνων. Λίγοι γνωρίζουν όμως ότι υπάρχουν εξειδικευμένες εφαρμογές για την παρακολούθηση, τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα ή τη βιοϊατρική ανάλυση. Αλλά ακόμα λιγότεροι γνωρίζουν πόσο πολύ χρησιμοποιείται η τεχνητή όραση στον τομέα της κατασκευής προϊόντων, σχεδόν όλα τα προϊόντα τα οποία παράγονται μαζικά, ελέγχθησαν αυτόματα κάποια στιγμή από συστήματα τεχνητής όρασης.

Η βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα του OpenCV δημιουργήθηκε έτσι ώστε να μπορεί να παραχθεί ένα εμπορικό προϊόν χρησιμοποιώντας ολόκληρους του αλγορίθμους που παρέχονται ή κομμάτια αυτών. Οι αρχικοί στόχοι ανάπτυξης της βιβλιοθήκης είναι οι εξής:

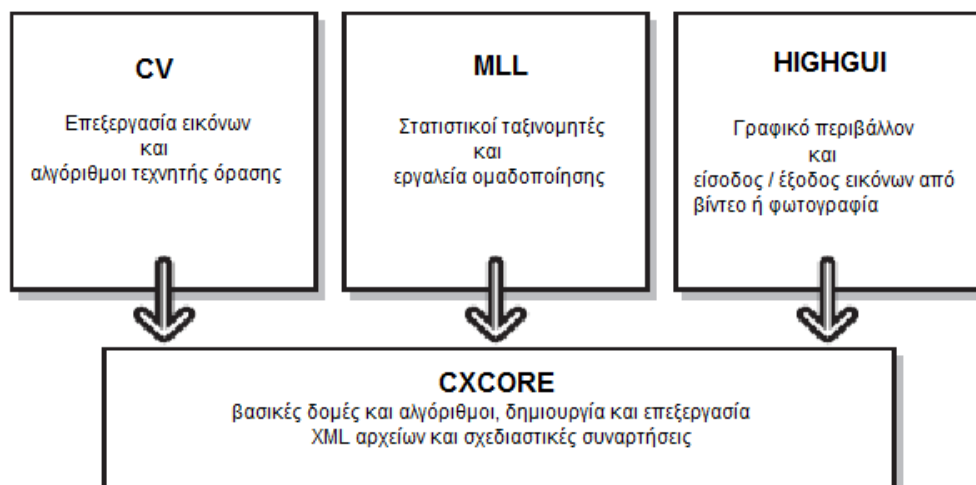
- Εξελιγμένη έρευνα στην τεχνητή όραση παρέχοντας όχι μόνο ανοιχτό αλλά και βελτιστοποιημένο κώδικα για τις βασικές υποδομές της τεχνητής όρασης.

- Διάδοση της γνώσης της τεχνητής όρασης, παρέχοντας μία κοινή υποδομή που οι προγραμματιστές θα μπορούσαν να χτίσουν πάνω σε αυτήν, ώστε ο κώδικας να είναι πιο εύκολα αναγνώσιμος και μεταβιβάσιμος.
- Εξελιγμένες εμπορικές εφαρμογές τεχνητής όρασης κάνοντας φορητό, βασισμένο στην απόδοση ελεύθερο κώδικα- με άδεια που δεν απαιτεί οι εμπορικές εφαρμογές να είναι ανοιχτές ή ελεύθερες.

Η ενεργοποίηση των εφαρμογών τεχνητής όρασης θα αυξήσει την ανάγκη για γρηγορότερους επεξεργαστές

Το OpenCV είναι δομημένο σε τέσσερα βασικά συστατικά [4] τα οποία φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα. Το συστατικό του CV που περιέχει βασικούς αλγορίθμους επεξεργασίας εικόνων και αλγορίθμους τεχνητής όρασης υψηλότερου προγραμματιστικού επιπέδου, *MLL* είναι μία βιβλιοθήκη εκπαίδευσης μηχανής, που περιλαμβάνει πολλούς στατικούς ταξινομητές και εργαλεία ομαδοποίησης. Το *HighGUI* περιέχει ρουτίνες εισόδου/εξόδου και λειτουργίες για αποθήκευση και φόρτωση βίντεο και εικόνων, και το *CXCore* περιέχει βασικές δομές δεδομένων και περιεχόμενο.

Το πέμπτο συστατικό του OpenCV είναι οι υπόλοιπες λειτουργίες – βιβλιοθήκες που έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει. Κατά την εγκατάσταση του, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει εάν θέλει παράλληλα με τη λειτουργία του OpenCV να χρησιμοποιηθούν και κάποιες άλλες βιβλιοθήκες (frameworks), όπως οι OpenNI και OpenMP που θα αναλυθούν στη συνέχεια και χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.



Σχήμα 2: Βασικά συστατικά του OpenCV [4].

Οι τεχνικές και μέθοδοι που θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο και χρησιμοποιήθηκαν στην εν λόγω εργασία, αφορούν την έκδοση 2.4.10 της βιβλιοθήκης αυτής και η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε είναι η C++. Σε μεταγενέστερες εκδόσεις κάποια από τα σημεία και τους αλγορίθμους που έχουν χρησιμοποιηθεί δεν βρίσκονται στη διάθεση του κοινού ή έχουν αντικατασταθεί με διαφορετικές εντολές.

Βιβλιοθήκη OpenNI

Η OpenNI [8] είναι ένας μη-κερδοσκοπικός οργανισμός που παράγει λογισμικό ανοικτού κώδικα. Ιδρύθηκε το Νοέμβριο του 2010, έχοντας ως στόχο την πιστοποίηση και τη βελτίωση της διαλειτουργικότητας των φυσικών διεπαφών, όπως οι χρήστες, κατά την ομαλή και φυσική αλληλεπίδραση (NI) τους με τις συσκευές. Η εταιρεία Prime Sense αποτελεί ιδρυτικό μέλος της OpenNI. Το Νοέμβριο του 2013, ο αρχικός οργανισμός OpenNI εξαγοράστηκε από την Apple. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μην αναπτυχθούν περαιτέρω εφαρμογές μέσα από αυτό το πλαίσιο και να σταματήσει πλήρως η λειτουργία του εν λόγω οργανισμού. Ωστόσο, η εταιρεία Prime Sense δημιούργησε στα πλαίσια του ανοιχτού λογισμικού, μια νέα έκδοση με το όνομα OpenNI2.

Τόσο το αρχικό OpenNI , όσο και το OpenNI2 πλαίσια αποτελούν μια ανοιχτή βιβλιοθήκη ανάπτυξης λογισμικού (Software Development Kit, SDK) που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη εφαρμογών ανίχνευσης και τρισδιάστατης ανακατασκευής (3D). Χρησιμοποιείται κυρίως από στερεοσκοπικές κάμερες και αισθητήρες. Σήμερα, το OpenNI αποτελεί τη μεγαλύτερη βιβλιοθήκη για την ανάπτυξη τρισδιάστατων δομών μέσα από τον προγραμματισμό αισθητήρων, ώστε να ανακατασκευάζονται τέτοιες δομές μέσα από τα δεδομένα που συλλέγονται. Η κοινότητα παρέχει ένα πλήρες φάσμα εργαλείων, μαζί με μια ενεργή και άρτια κατασκευασμένη πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού. Η κοινότητα αποσκοπεί στη συνεχή συνεργασία και προώθηση των εφαρμογών, ώστε να καλύπτονται οι αρχές ζώνες ανάπτυξης ενός εφαρμογών ανοιχτού κώδικα: ανακάλυψη, ανάπτυξη και διανομή.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η βιβλιοθήκη OpenNI, καθώς χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση και τη λήψη εικόνας από μια στερεοσκοπική κάμερα. Χωρίς την ενεργοποίηση του διακόπτη αυτού δεν είναι δυνατή η λήψη εικόνας από μια στερεοσκοπική

κάμερα, πόσο μάλλον η επεξεργασία αυτής. Στις περιπτώσεις όπου δεν χρησιμοποιούνται οι εν λόγω κάμερες, δεν χρειάζεται να ενεργοποιηθεί ο διακόπτης αυτός. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β' παρουσιάζονται τα βήματα εγκατάστασης της βιβλιοθήκης OpenCV και η σύνδεσή της με την OpenNI. Στα βήματα που περιγράφονται συμπεριλαμβάνεται και η σύνδεση της βιβλιοθήκης με την πλατφόρμα Eclipse.

3.4 Κατάτμηση εικόνας

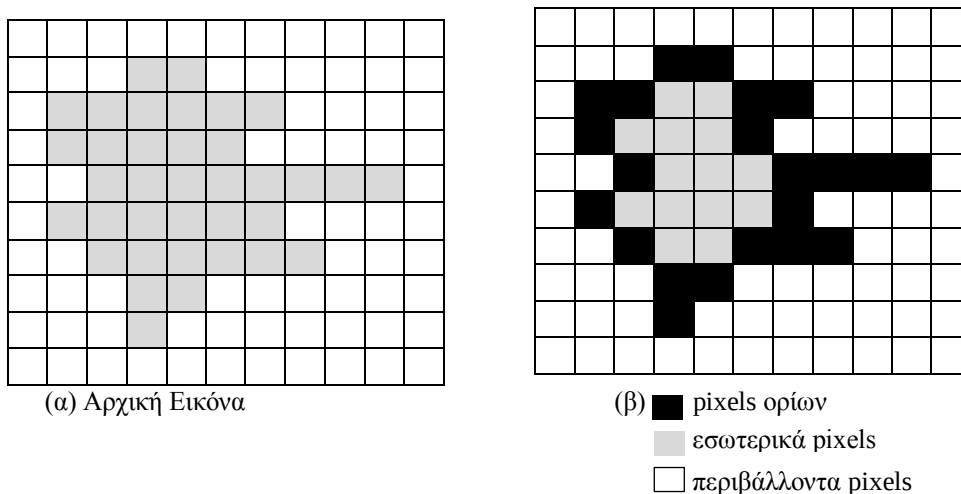
Ο όρος κατάτμηση εικόνας αναφέρεται στη διαδικασία διαχωρισμού μιας ψηφιακή εικόνας σε πολλαπλά τμήματα (εικονοστοιχεία-pixels). Είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως για την ανίχνευση κίνησης, την εύρεση διαφορών σε δύο πανομοιότυπες εικόνες ή ακόμη και τον υπολογισμό απόστασης αντικειμένου από σημείο.

Πιο συγκεκριμένα, ο διαχωρισμός των εικόνων βασίζεται στην ανάθεση μιας ετικέτας σε κάθε εικονοστοιχείο σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του. Εικονοστοιχεία με όμοια οπτικά χαρακτηριστικά, όπως είναι το χρώμα, η ένταση, η υφή, εισάγονται στην ίδια κατηγορία και έχουν κοινή ετικέτα. Ο διαχωρισμός αυτός και η χρήση των ετικετών έχει ως στόχο την πιο εύκολη κατηγοριοποίηση των pixels. Η κατηγοριοποίηση αυτή βοηθά στην περαιτέρω χρήση αλγορίθμων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων του πεδίου που πρέπει να διερευνηθεί. Παραδείγματος χάρη, για την αναγνώριση ενός αντικειμένου προκειμένου να ελεγχθεί αν είναι αιχμηρό ή όχι, θα πρέπει να γίνει εξαγωγή του περιγράμματος (contours) του αντικειμένου λαμβάνοντας υπόψη τα pixels που βρίσκονται στην ανάλογη κατηγορία. Τα pixels που δεν έχουν κατηγοριοποιηθεί, φέρουν μια ετικέτα, ξεχωριστή το καθένα, και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την πλησιέστερη κατηγορία.

Για τη λήψη ενός αξιόπιστου συμπεράσματος χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι κατηγοριοποίησης και συσταδοποίησης¹⁰, όπως ο k-means, ώστε να γίνει αναλυτικότερη κατηγοριοποίηση των εικονοστοιχείων.

Οι περισσότεροι αλγόριθμοι που έχουν αναπτυχθεί για την επεξεργασία εικόνας βασίζονται στην κατάτμησή της. Η επιλογή του ανάλογου αλγορίθμου που θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή αποτελέσματος γίνεται σύμφωνα με την εικόνα που πρέπει να μελετηθεί, τα στοιχεία που πρέπει να εξαχθούν και λαμβάνεται υπόψη και το περιβάλλον που βρίσκεται το μέσο από το οποίο λαμβάνονται οι εικόνες.

Στην Εικόνα 39 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα κατάτμησης εικόνας και εφαρμογής ενός αλγορίθμου ο οποίος χαρακτηρίζει και κατηγοριοποιεί τα pixel αυτής. Τα pixel που βρίσκονται στο περίγραμμα της εικόνας φέρουν την ετικέτα των «pixels ορίου», τα εσωτερικά pixel χαρακτηρίζονται ως «εσωτερικά pixel», ενώ τα υπόλοιπα εικονοστοιχεία που δεν αντιστοιχούν στην εικόνα, υπάρχουν όμως στο πλαίσιο αυτής ονομάζονται «περιβάλλοντα pixels»



Εικόνα 39: Κατάτμηση μιας εικόνας και εισαγωγή ετικέτας στα pixel [17].

¹⁰ Η επιλογή του αλγορίθμου που θα χρησιμοποιηθεί για την κατηγοριοποίηση ή τη συσταδοποίηση των εικονοστοιχείων εμπεριέχεται στο στάδιο ανάπτυξης των αλγορίθμων ανίχνευσης π.χ. ο αλγόριθμος SIFT χρησιμοποιεί κατηγοριοποίηση με βάση τον k-means.

Στον αλγόριθμο που αναπτύχθηκε για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής, χρησιμοποιείται ως κύριο κομμάτι η τεχνική της κατάτμησης της εικόνας, καθώς αποτελεί βασικό στοιχείο των τεχνικών που θα αναπτυχθούν στις επόμενες υποπαραγράφους. Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει αναλυτική παρουσίαση των τεχνικών κατάτμησης εικόνας που χρησιμοποιήθηκαν και δοκιμάστηκαν κατά την ανάπτυξη του αλγορίθμου του συστήματος.

4

Ανάπτυξη Λογισμικού μέρους συστήματος

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται διεξοδικά ο τρόπος λειτουργίας του προγράμματος καθώς και οι αλγόριθμοι που διερευνήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε τμήμα του ξεχωριστά. Στόχος του προγράμματος είναι η ανίχνευση κινούμενων στόχων με ορισμένο μέγεθος (άνθρωποι και όχι αντικείμενα μικρού μεγέθους ή ζώα), η ανίχνευση προσώπου και έπειτα η αναγνώριση αυτού. Οι εικόνες που λαμβάνονται και αναλύονται μέσω των κατάλληλων αλγορίθμων βασίζονται στην τεχνική της κατάτμησης εικόνας.

4.1 Ανίχνευση κινούμενου αντικειμένου

Η ανίχνευση ενός αντικειμένου σε ένα χώρο είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που συναντώνται κατά την ανάπτυξη ενός προγράμματος στον τομέα της μηχανικής όρασης. Η ανίχνευση στατικών ή κινούμενων αντικειμένων αποτελεί υποενότητα της κατάτμησης της εικόνας. Προκειμένου να γίνει ορθή ανίχνευση του αντικειμένου στην εικόνα, πρέπει πρώτα να γίνει ο εντοπισμός του στην πρώτη εικόνα και έπειτα η εύρεση αυτού μέσα από την εναλλαγή των εικόνων.

Κάθε φορά που αναπτύσσεται ένα πρόγραμμα ανίχνευσης ενός κινούμενου ή στατικού αντικειμένου σε μια εικόνα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παράγοντες του περιβάλλοντος που μπορούν να αλλοιώσουν τα στοιχεία της εικόνας και να κάνουν πιο δύσκολη τη διαδικασία παραγωγής ορθών αποτελεσμάτων. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να είναι:

- το φως,
- η θέση του αντικειμένου,
- η συνεχής κίνηση,
- το μέγεθος

και θα αναλυθούν λεπτομερώς σε παρακάτω κεφάλαιο, παράλληλα με τις μεθόδους που ακολουθήθηκαν για την επίλυση των προβλημάτων στην παρούσα εργασία.

Κάθε εφαρμογή ανίχνευσης που χρησιμοποιεί εικόνες ή βίντεο ως προς επεξεργασία, έχει διαφορετικές ανάγκες και χρήζει διαφορετικής μεταχείρισης. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την ανίχνευση κινούμενων αντικειμένων είναι η αφαίρεση φόντου, η μέθοδος της χρονικής διαφοράς, η παραγωγή ιστογράμματος και η οπτική ροή.

4.1.1 Αφαίρεση φόντου (Background subtraction)

Η τεχνική της αφαίρεσης φόντου αφορά μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές κατάτμησης εικόνας. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε στατικές εικόνες, καθώς αφορά την τμηματοποίηση των στρώσεων μιας εικόνας.

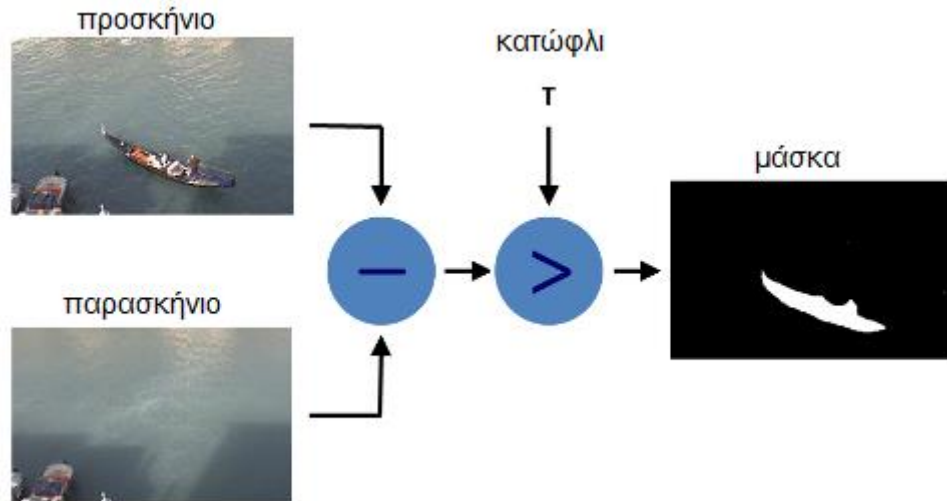
Πιο συγκεκριμένα, η λογική πίσω από τη μέθοδο αυτή σχετίζεται με το διαχωρισμό των εικόνων σε διάφορες στρώσεις (layers). Κάθε στρώση φέρει δικά τις χαρακτηριστικά και εξετάζεται ως οντότητα. Η αρχική εικόνα που λαμβάνει ο αλγόριθμος αποτελεί το παρασκήνιο (background) της εικόνας. Οι διαφοροποιήσεις που υπάρχουν από στρώση σε στρώση εξετάζονται ως μεταβολές.

Ο αλγόριθμος εξετάζει την κάθε στρώση αρχικά και εφόσον δεν υπάρχει καμία μεταβολή σε κάποιο εικονοστοιχείο, αποθηκεύει ως background την εικόνα. Οι επόμενες εικόνες που θα κληθούν να εξεταστούν θα ακολουθήσουν την ίδια διαδικασία διαχωρισμού και θα

αποτελούν το προσκήνιο (foreground). Εφόσον έχει ολοκληρωθεί ο τμηματικός έλεγχος, ο αλγόριθμος συγκρίνει την πρότερη με τη μεταγενέστερη εικόνα (background με foreground) για τυχόν αλλαγές. Εάν σε κάποια εικόνα παρατηρηθεί κάποιο εικονοστοιχείο (pixel) διαφορετικό από τα εικονοστοιχεία που υπήρχαν στο background, τότε γίνεται σύγκριση των στρώσεων των εικόνων ώστε να ανιχνευθεί η μεταβολή στο περιβάλλον.

Για να στεφθεί από επιτυχία η πάνω διαδικασία και να παραχθεί ένα ορθό αποτέλεσμα, κατά τη διάρκεια της σύγκρισης των εικονοστοιχείων, οι εικόνα περνά από διάφορα στάδια επεξεργασίας, τις επονομαζόμενες και ως μάσκες. Αρχικά οι εικόνες μετατρέπονται σε αποχρώσεις του γκρι. Έπειτα τα γίνεται η σύγκριση μεταξύ των εικονοστοιχείων με βάση το πόσο έντονο είναι το κάθε στοιχείο. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται η μάσκα παρασκήνιου (background mask) και η μάσκα του προσκήνιου (foreground mask). Στη μάσκα του παρασκήνιου φαίνονται τα αρχικά δεδομένα της εικόνας. Ως επί το πλείστον η μάσκα αυτή έχει μαύρο χρώμα, εκτός αν υπάρχει κινούμενο αντικείμενο το οποίο δεν μπορεί να το κατατάξει το περιβάλλον ως παρασκήνιο. Η μάσκα του προσκήνιου φέρει αρκετές διαφοροποιήσεις από την προηγούμενη. Τα στοιχεία που αλλάζουν σε κάθε εικόνα έχουν λευκό χρωματισμό, ενώ η υπόλοιπη εικόνα είναι μαύρη. Τέλος, συνδυάζονται οι παραπάνω μάσκες για τη δημιουργία της τελικής εικόνας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 40.

Η τεχνική αυτή είναι αρκετά αξιόπιστη για την ανίχνευση των κινούμενων αντικειμένων, έχει όμως κάποια μειονεκτήματα. Τα μειονεκτήματα αυτά αφορούν την αλλαγή του φωτισμού στο χώρο από τον οποίο γίνεται λήψη της εικόνας. Με τις διαφοροποιήσεις του φωτισμού κάποια pixel έφεραν διαφορετικές τιμές χρώματος, με αποτέλεσμα να κατηγοριοποιούνται ως αλλαγές. Για την αποφυγή αυτών των λανθασμένων σημάτων χρησιμοποιούνται τεχνικές αλλαγής των μορφολογικών χαρακτηριστικών της εικόνας, όπως η διάβρωση και άλλα φίλτρα, και ορίζεται ένα κατώτατο όριο (threshold). Το όριο αυτό αφορά την ευαισθησία του αλγορίθμου στην κατάταξη των αλλαγών των εικόνων. Για παράδειγμα, εάν σε κάποια εφαρμογή θα πρέπει να ανιχνεύεται η παραμικρή κίνηση ή η αλλαγή του φωτισμού σε ένα χώρο, τότε το κατώτατο όριο παίρνει μικρή τιμή. Σε αντίθετη περίπτωση, το όριο φέρει μεγάλες τιμές.



Εικόνα 40: Τεχνική αφαίρεσης φόντου.

Για να δημιουργηθεί η μάσκα με το νέο αντικείμενο που εισήχθη στην εικόνα, γίνεται χρήση μιας εκ των τριών αυτών μεθόδων [18]:

1. Background subtractor MOG.
2. Background subtractor MOG2.
3. Background subtractor GMG.

Η πρώτη μέθοδος βασίζεται στον αλγόριθμο κατάτμησης εικόνας κατά Gauss όπως παρουσιάστηκε στο σύγγραμμα "An improved adaptive background mixture model for real-time tracking with shadow detection" το 2001. Η μέθοδος έχει ως στόχο τη μοντελοποίηση κάθε pixel του φόντου της εικόνας, έχοντας ως γνώμονα μια ανάμιξη K Γκαουσιανών (Gaussian $K = 3$ έως 5) διανομών. Οι τιμές των διανομών αντιπροσωπεύουν τις χρονικές αναλογίες που τα χρώματα παραμένουν στο φόντο. Τα χρώματα που αντιπροσωπεύουν το φόντο είναι εκείνα που παραμένουν αναλλοίωτα ακόμη και με τις μεταβολές του φωτός.

Η μέθοδος *Background subtractor MOG2* στηρίζεται στον ίδιο αλγόριθμο κατάτμησης εικόνας με την πρώτη τεχνική, διαφέρει όμως στο κομμάτι των διανομών. Η μέθοδος αυτή επιλέγει τον κατάλληλο αριθμό της Gaussian διανομής για κάθε pixel. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα του αλγορίθμου στις αλλαγές του φωτός. Ένα ακόμη νέο στοιχείο της μεθόδου αυτής είναι η επιλογή για την ανίχνευση των σκιών. Σε περιπτώσεις όπου η σκιά πρέπει να ανιχνευθεί, τότε το κατώτατο όριο τίθεται χαμηλά εξ' ορισμού και δεν χρειάζεται περαιτέρω ανάθεση τιμών.

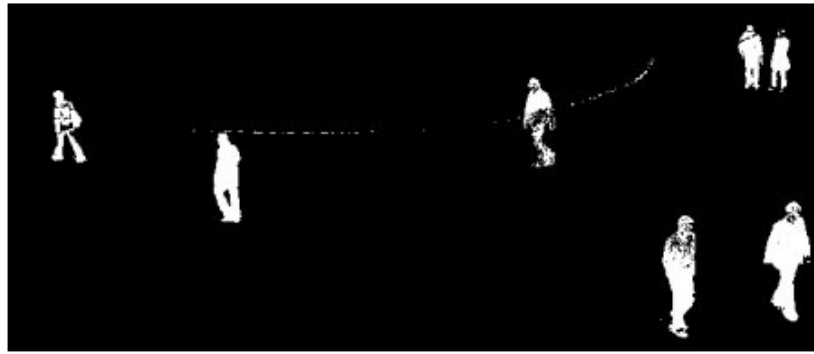
Η τρίτη μέθοδος, *Background subtractor GMG*, συνδυάζει τη στατιστική εκτίμηση του φόντου μιας εικόνας με την ανά pixel Bayesian κατάτμηση. Εισήχθη το 2012 από τους Andrew B. Godbehere, Akihiro Matsukawa, Ken Goldberg στην εργασία με τίτλο “Visual Tracking of Human Visitors under Variable-Lighting Conditions for a Responsive Audio Art Installation”. Ο αλγόριθμος υλοποίησης της μεθόδου χρησιμοποιεί τις πρώτες εικόνες για τη μοντελοποίηση του φόντου. Για την ανίχνευση πιθανών αντικειμένων στο προσκήνιο βασίζεται σε πιθανολογικό αλγόριθμο σε συνδυασμό με τη μέθοδο *Bayesian inference*¹¹. Για την ανάπτυξη της μεθόδου αυτής λήφθηκε υπόψη ο θόρυβος που προκαλείται στις εικόνες από τις αλλαγές του φωτισμού και χρησιμοποιήθηκαν αρκετές μορφολογικές λειτουργίες φιλτραρίσματος για την κατάργηση κάθε ανεπιθύμητου θορύβου.

Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 41) γίνεται εμφανής η διαφορά της κατάτμησης του φόντου με τη χρήση των τριών αυτών μεθόδων. Το γκρι χρώμα αφορά τη σκιά που βλέπει η κάθε μέθοδος στην εικόνα.



Αρχική εικόνα

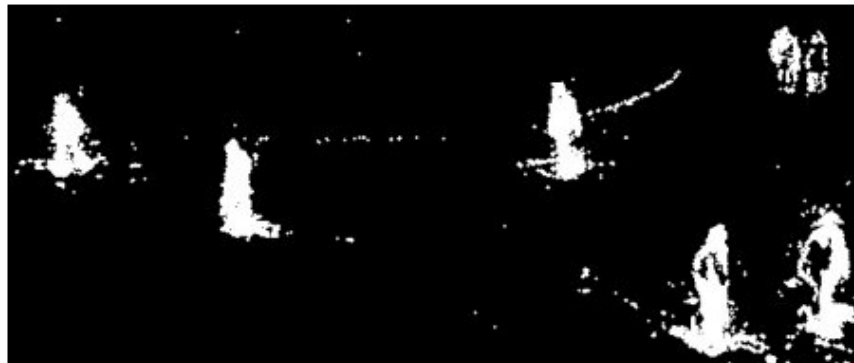
¹¹ Η μέθοδος *Bayesian inference* βασίζεται στα στατιστικά τεκμήρια που χρησιμοποιούνται στο θεώρημα του Bayes για την ενημέρωση της πιθανότητας για την στήριξη μιας υπόθεσης με τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα.



Background subtractor MOG



Background subtraction MOG2



Background subtraction GMG

Εικόνα 41: Μέθοδοι αφαίρεσης φόντου.

Η τεχνική αυτή θεωρείται αρκετά καλή, καθώς παραβλέπει το μεγάλο αντίπαλο της στερεοσκοπικής όρασης, τη φωτεινότητα. Χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για την εκτέλεση της ανίχνευσης ενός κινούμενου αντικειμένου στο χώρο, λόγω των υψηλών ποσοστών επιτυχίας της. Δοκιμάσαμε και άλλες τεχνικές με όχι τόσο ορθά αποτελέσματα. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε κατά την υλοποίηση του λογισμικού είναι η Background subtraction MOG2 με ενεργοποιημένο τον ανιχνευτή σκιών, ώστε να μπορέσει να γίνει

ανίχνευση ολόκληρου του αντικειμένου που εισέρχεται σε ένα χώρο. Το κατώφλι ορίστηκε μέσα από πειραματισμούς λόγω φωτοευαισθησίας της κάμερας.

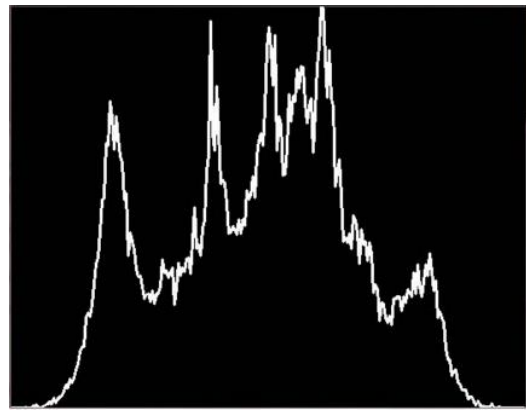
4.1.2 Παραγωγή ιστογράμματος (Histogram)

Το ιστόγραμμα μιας εικόνας περιέχει σημαντικές πληροφορίες για την εικόνα και αποτελεί μια από τις κυριότερες τεχνικές για την ανίχνευση κίνησης ή αντικειμένων σε ένα χώρο. Χρησιμοποιείται επίσης για τη βελτιστοποίηση της εικόνας και την τροποποίηση των χαρακτηριστικών της. Για την παραγωγή ιστογράμματος προτιμάται η μετατροπή της εικόνας πριν τη χρήση¹² σε χρώματα της κλίμακας του γκρι.

Ένα ιστόγραμμα αποτελεί ουσιαστικά ένα γράφημα όπου ο οριζόντιός του άξονας φέρει τιμές φωτεινότητας από 0-255 και ο κατακόρυφος φέρει το πλήθος των εικονοστοιχείων που έχουν την αντίστοιχη φωτεινότητα. Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιείται γίνεται και κανονικοποίηση του κατακόρυφου άξονα.



(α)



(β)

Εικόνα 42: (α) Η εικόνα (β) το ιστόγραμμά της.

¹² Προτιμάται η μετατροπή αυτή, καθότι έτσι μπορεί να παραχθεί μικρότερου μεγέθους ιστόγραμμα και πιο κατανοητό, διότι συγκρίνονται τα εικονοστοιχεία με βάση την ένταση του χρώματος και εκφράζεται η κατανομή των αποχρώσεων αυτών στην εικόνα. Σε περιπτώσεις RGB εικόνων, το ιστόγραμμα που παράγεται είναι αρκετά αυξημένο και όχι τόσο ευανάγνωστο.

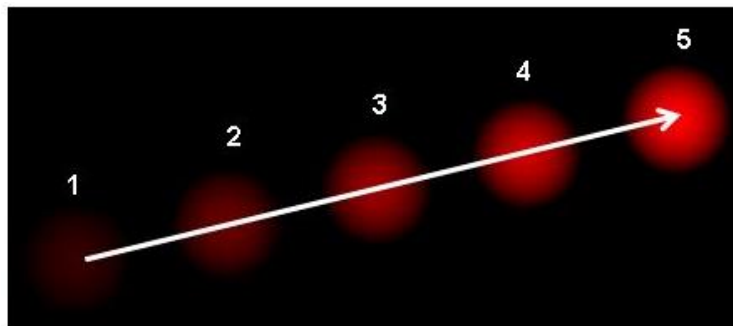
Μέσα από το ιστόγραμμα μπορεί κανείς να συμπεράνει εάν υπάρχει κάποιο νέο αντικείμενο στο χώρο ή εάν κάποιο αντικείμενο έχει μετακινηθεί, συγκρίνοντας τις τιμές του παρόντος ιστογράμματος με κάποιο παρελθοντικό και να παρατηρήσει τις αυξομειώσεις. Επίσης, μπορεί να ελέγξει τις τιμές έντασης των pixel μιας εικόνας, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 42.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγιναν δοκιμές του αλγορίθμου για να ελεγχθεί η εγκυρότητά του με σκοπό να χρησιμοποιηθεί. Δεν χρησιμοποιήθηκε ωστόσο, καθώς η παραγωγή ιστογράμματος γίνεται άμεσα, η σύγκριση όμως των τιμών και η παραγωγή αξιόπιστου αποτελέσματος απαιτεί ορισμένο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα να μην δίνεται η δυνατότητα στην εφαρμογή να φέρει τον τίτλο της λειτουργίας σε συνθήκες πραγματικού χρόνου.

4.1.3 Οπτική ροή (Optical Flow)

Η οπτική ροή είναι το μοτίβο της φαινομενικής κίνησης των αντικειμένων της εικόνας μεταξύ δύο διαδοχικών καρέ που προκαλείται από την κίνηση του αντικειμένου ή της φωτογραφικής μηχανής. Είναι ένα δύο διαστάσεων (2D) διανυσματικό πεδίο όπου κάθε φορέας μετατόπισης δείχνει τη μετατόπιση των σημείων αναφορικά με το πρώτο και δεύτερο καρέ.

Στην Εικόνα 43 φαίνεται η κίνηση ενός αντικειμένου από τη μια θέση στην άλλη και το διάνυσμα που παράγεται με τη χρήση της μεθόδου της οπτικής ροής.

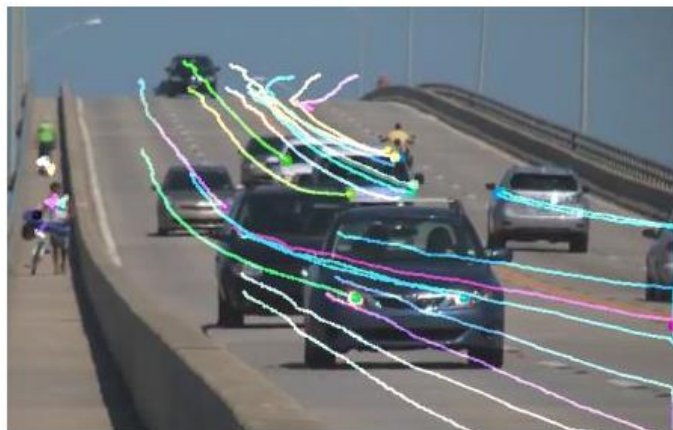


Εικόνα 43: Διάνυσμα μετατόπισης αντικειμένου.

Η μέθοδος της οπτικής ροής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ποικίλες εφαρμογές όπως η ανίχνευση κίνησης, η ανίχνευση ενός κινούμενου αντικειμένου, ακόμη και η ανίχνευση εμποδίου. Η λογική χρήσης της μεθόδου αυτής είναι κοινή σε όποια εφαρμογή κι αν προσαρμοστεί. Για την υλοποίηση του αλγορίθμου πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω υποθέσεις:

1. Η ένταση του κάθε pixel ενός αντικειμένου δεν αλλάζει μεταξύ διαδοχικών πλαισίων.
2. Τα γειτονικά pixels έχουν παρόμοια κίνηση [19].

Κατά την υλοποίηση της παραπάνω διπλωματικής εργασίας, δοκιμάστηκε η μέθοδος της οπτικής ροής με τη χρήση του αλγορίθμου “*Lucas-Kanade*”. Ο αλγόριθμος αυτός χρησιμοποιεί τις δύο παραπάνω υποθέσεις για την ανίχνευση ενός κινούμενου αντικειμένου. Το μειονέκτημα του αλγορίθμου και γενικότερα της οπτικής ροής είναι πως εάν ένα pixel αλλάξει ένταση χρώματος ή υπάρχουν παρόμοια pixel στο χώρο, αυτά κατατάσσονται στην ίδια κατηγορία και ανιχνεύονται ως αλλαγές της εικόνας. Για τον παραπάνω λόγο δεν έγινε χρήση του αλγορίθμου αυτού κατά την εκπόνηση της εργασίας.



Εικόνα 44: Ανίχνευση αντικειμένου με τον αλγόριθμο Lucas-Kanade.

4.2 Ανίχνευση προσώπου

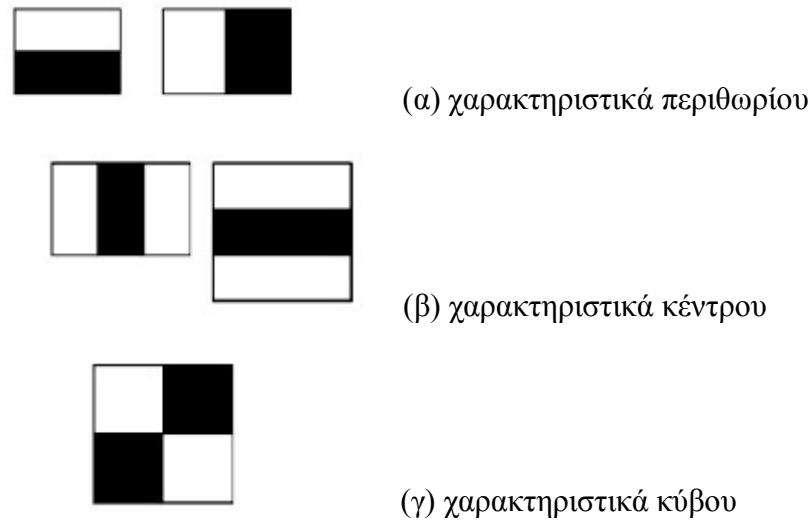
Η ανίχνευση προσώπου και γενικότερα αντικειμένων βασίζεται στην τεχνική της ανίχνευσης πανομοιότυπων εικόνων με τη χρήση των **Haar μετασχηματισμών**. Ο μετασχηματισμός αυτός αποτελεί την πρώτη θεώρηση των κυματιδίων (wavelets) και χρησιμοποιείται κατά κόρον στη συμπίεση εικόνων και video, την απομάκρυνση θορύβου από τα δεδομένα και την εξαγωγή χαρακτηριστικών μιας εικόνας, όπως στην παρούσα περίπτωση.

Η έννοια της ανίχνευσης προσώπου ή κάποιου συγκεκριμένου αντικειμένου είναι πολυδιάστατη. Αντίθετα, η υλοποίηση της αποτελείται από τρία κύρια στάδια:

1. τη λήψη αρνητικών και θετικών εικόνων,
2. την εφαρμογή του Haar μετασχηματισμού,
3. την χρήση των παραπάνω για την εκπαίδευση του προγράμματος.

Ως θετικές εικόνες ορίζονται εκείνες που αναπαριστούν ολόκληρο το αντικείμενο που πρέπει να ανιχνευθεί. Οι εικόνες αυτές πρέπει να είναι καλής ποιότητας, όχι θολές και με λάθος φωτισμό, και δεν πρέπει να φέρουν περιττά στοιχεία. Στο συγκεκριμένο κομμάτι απαιτείται οι θετικές εικόνες να έχουν ανθρώπινα πρόσωπα. Αντίθετα ως αρνητικές εικόνες ορίζονται όλες οι άλλες εικόνες που δεν περιέχουν το εν λόγω αντικείμενο. Οι εικόνες αυτές μπορεί να βρίσκονται οπουδήποτε γύρω στο περιβάλλον του προγραμματιστή. Τα παραπάνω δείγματα εικόνων ονομάζονται αλλιώς *δείγματα εκπαίδευσης* και χρησιμεύουν στη διαδικασία γνωστοποίησης του αντικειμένου στο πρόγραμμα.

Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει η εξαγωγή των απαιτούμενων χαρακτηριστικών από την εικόνα [20]. Κάθε χαρακτηριστικό φέρει μια ενιαία τιμή που λαμβάνεται αφαιρώντας το άθροισμα των pixels κάτω από λευκό ορθογώνιο από το άθροισμα των pixels κάτω από το μαύρο παραλληλόγραμμο.



Εικόνα 45: Εξαγωγή χαρακτηριστικών με το μετασχηματισμό Haar.

Ακολουθώντας τη λογική που παρουσιάζεται στην Εικόνα 45 εφαρμόζεται ο μετασχηματισμός Haar σε όλες τις εικόνες. Για την εξαγωγή του κάθε χαρακτηριστικού, εφαρμόζονται τα παραπάνω ορθογώνια σε κάθε εικόνα, με στόχο να υπολογιστεί το άθροισμα των pixels κάτω από τα άσπρα και μαύρα τετράγωνα. Ο έλεγχος για τα χαρακτηριστικά γίνεται τόσο σε θετικές όσο και σε αρνητικές εικόνες και έπειτα γίνεται ο διαχωρισμός σε εικόνες που έχουν υψηλό δείκτη επιτυχίας (υπάρχει δηλαδή το χαρακτηριστικό που ζητάμε) και σε εικόνες με χαμηλό δείκτη επιτυχίας. Τα παραπάνω στοιχεία βρίσκονται σε αρχείο με κατάληξη *.xml*.

Λόγο της αδύναμης κατηγοριοποίησης καθώς όλα τα αποτελέσματα βασίζονται σε ποσοστά, χρησιμοποιούνται και επιπλέον κατηγοριοποιητές, οι επονομαζόμενοι *Cascade Classifiers*, ώστε τα αποτελέσματα να έχουν μεγαλύτερη επιτυχία. Κατά την εκτέλεση του προγράμματος εισάγεται στους παραπάνω κατηγοριοποιητές το κατάλληλο αρχείο *.xml* με στόχο την «εκπαίδευση» του προγράμματος σχετικά με το αντικείμενο που πρέπει να ανιχνευθεί.

Με το πέρας της παραπάνω διαδικασίας και εφόσον έχει ολοκληρωθεί η δημιουργία του «εκπαιδευτή», εφαρμόζεται η εκπαίδευση σε video ή εικόνες για την ανίχνευση του χαρακτηριστικού που «γνωρίζει». Με τον τρόπο αυτό περνά η γνώση μέσα από απλές εικόνες στον εγκέφαλο ενός συστήματος ανίχνευσης συγκεκριμένων αντικειμένων.

Οι νέες εκδόσεις της βιβλιοθήκης OpenCV έχουν ενσωματωμένους τους εκπαιδευτές με σκοπό να απλοποιηθεί η διαδικασία χρήσης τους. Στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας χρησιμοποιείται ο εκπαιδευτής **haarcascade_frontalface_default.xml** για την ανίχνευση προσώπου.

4.3 Αναγνώριση προσώπου

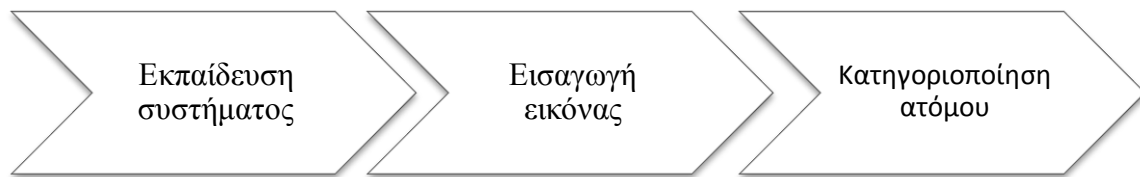
Η αναγνώριση προσώπου αποτελεί ένα αυτονόητο χαρακτηριστικό για τον άνθρωπο, όχι όμως και για τις μηχανές. Με την είσοδο της εικόνας από το μάτι ενός ανθρώπου ο εγκέφαλος περιεργάζεται τα στοιχεία της και μέσα από διάφορες νευρικές απολήξεις και συγκρίσεις καταλήγει στην αναγνώριση ή μη ενός ατόμου. Η μηχανική όραση καλείται να μετατρέψει όλες τις συγκρίσεις και τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στον εγκέφαλο του ανθρώπου, σε αλγορίθμους ώστε να μπορεί ακόμη και μια μηχανή να αναγνωρίσει έναν άνθρωπο.

Η μέθοδος της αναγνώρισης βασίζεται στην ανίχνευση των εσωτερικών (μάτια, μύτη, στόμα) και των εξωτερικών (σχήμα προσώπου, γραμμή μαλλιών) χαρακτηριστικών του προσώπου. Το μέγεθος και η θέση των χαρακτηριστικών παίζουν κύριο ρόλο, καθώς είναι τα στοιχεία που εξάγονται και με την επεξεργασία αυτών, από αλγορίθμους που θα αναλυθούν παρακάτω, γίνεται η αναγνώριση του ανθρώπου για το αν είναι γνωστός ή άγνωστος. Η ετικέτα γνωστός ή άγνωστος καθορίζεται αποκλειστικά και μόνο από τον χρήστη.

Εφόσον το άτομο έχει ενταχθεί σε κάποια κατηγορία, τότε λαμβάνει μια ετικέτα ανάλογα με το όνομα που του έχει δοθεί κατά την εκπαίδευση του συστήματος¹³.

¹³ Η εκπαίδευση αυτή δεν έχει την ίδια σημασία με την εκπαίδευση που αναφέρθηκε παραπάνω κατά την ανίχνευση του προσώπου. Στο σημείο αυτό, τα δείγματα που χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος για να εκπαιδευτεί αφορούν τις εικόνες των οικείων στο χρήστη ατόμων και προέρχονται από την αντίστοιχη βάση δεδομένων.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας της αναγνώρισης.



Σε πρώτο στάδιο βρίσκεται η εκπαίδευση του συστήματος με την κατηγορία των γνωστών ατόμων. Για την εκπαίδευση αυτή υπάρχουν δύο τρόποι:

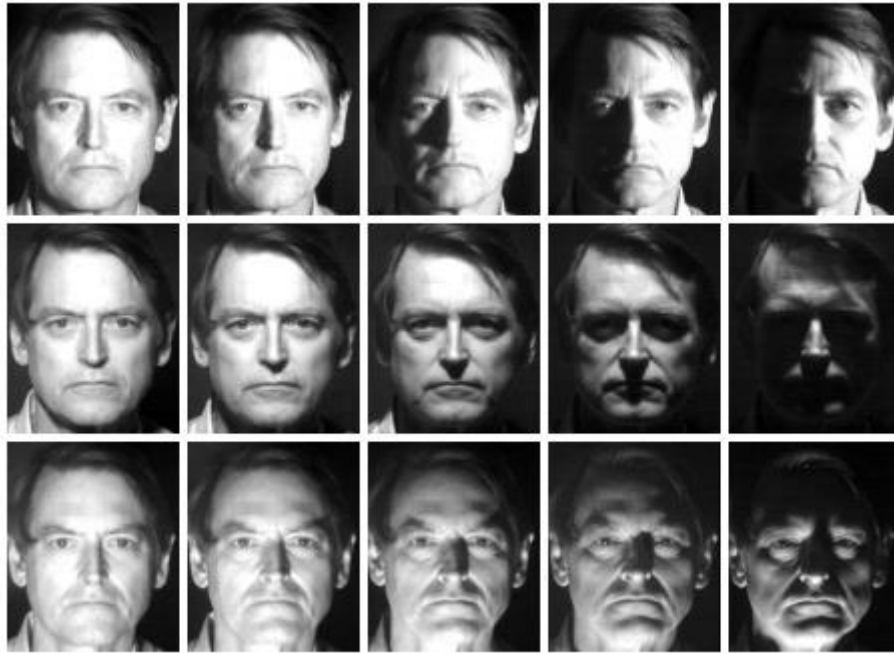
1. η χρήση .xml αρχείου που περιγράφηκε παραπάνω, μόνο που εδώ στο αρχείο σημειώνονται ολόκληρα τα χαρακτηριστικά του ατόμου, εσωτερικά και εξωτερικά και
2. η εισαγωγή φωτογραφιών στο αρχείο του προγράμματος.

Πρέπει να τονισθεί στο σημείο αυτό ότι το πεδίο της αναγνώρισης βρίσκεται ακόμη στα σπάργανα και δεν υπάρχει κάποιος από τους δύο παραπάνω τρόπους που να εγγυάται απόλυτα σωστό αποτέλεσμα ταύτισης – αναγνώρισης. Επομένως, αφήνεται στο χρήστη η δυνατότητα της επιλογής του τρόπου εκπαίδευσης του συστήματος.

Η αναγνώριση στην παρούσα εργασία ακολουθεί το δεύτερο τρόπο, την εισαγωγή εικόνων, καθώς το πρόγραμμα πρέπει να είναι άκρως δυναμικό και να ελέγχεται αποκλειστικά και μόνο από τον χρήστη.

Εφόσον το σύστημα έχει εκπαιδευτεί να γνωρίζει τους «γνωστούς», η εφαρμογή περνά στο επόμενο στάδιο της εισαγωγής εικόνας με σκοπό την κατηγοριοποίηση του ατόμου. Η εικόνα μπορεί να είναι είτε στατική είτε εικόνα από video. Με την είσοδο της εικόνας, και εφόσον έχει τελεστεί η ανίχνευση του προσώπου, καλείται ένας από τους τρεις αλγορίθμους που θα περιγραφούν παρακάτω για την κατηγοριοποίηση.

Ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή αλγορίθμου αναγνώρισης φέρει ο φωτισμός. Μια εικόνα μπορεί να απεικονίζει το ίδιο πράγμα αλλά με κάποια διαφοροποίηση στο φωτισμό να μοιάζει εντελώς διαφορετική. Το πρόβλημα αυτό, καθώς και το πρόβλημα διαφοροποίησης των εκφράσεων καλούνται να λύσουν οι παρακάτω αλγόριθμοι.



Εικόνα 46: Διαφοροποιήσεις εικόνας ανάλογα με το φωτισμό [21].

4.3.1 Αλγόριθμος Eigenfaces

Βάση του αλγορίθμου Eigenfaces αποτελεί η στατιστική μέθοδος **Principal Component Analysis (PCA)**. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος αυτή αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που χρησιμοποιεί ένα ορθογώνιο μετασχηματισμό για να μετατρέψει μια σειρά από στοιχεία, τα οποία έχουν παρατηρηθεί ότι συσχετίζονται με ένα σύνολο μεταβλητών, σε ένα σύνολο τιμών που δεν συσχετίζονται γραμμικά και αποκαλούνται κύριες συνιστώσες.

Ο αριθμός των κύριων συνιστωσών είναι μικρότερος ή ίσος με τον αριθμό των αρχικών μεταβλητών. Αυτός ο μετασχηματισμός ορίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η πρώτη κύρια συνιστώσα να φέρει τη μεγαλύτερη δυνατή διακύμανση και κάθε επόμενη με τη σειρά της να έχει υψηλότερη τιμή.

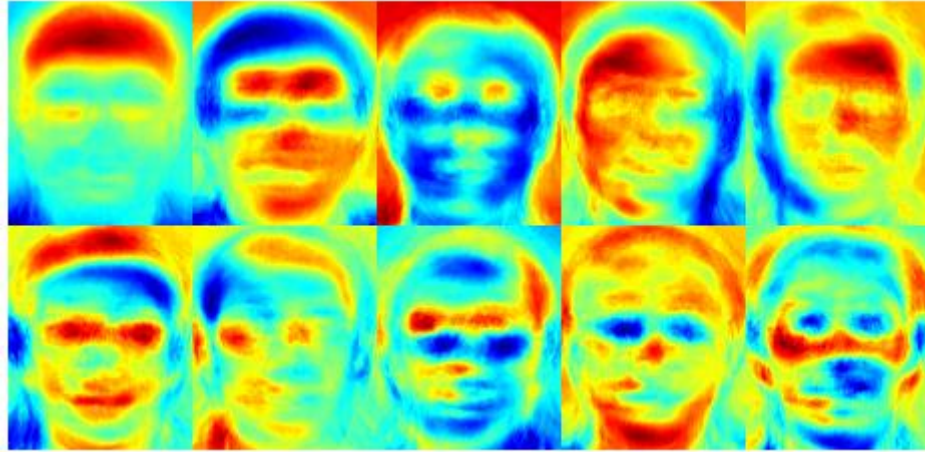
Ο αλγόριθμος αρχικά δημιουργεί τον PCA υποχώρο ο οποίος αποτελείται από ιδιοτιμές και ιδιοδιανύσματα. Η δημιουργία του υποχώρου έχει ως στόχο την εύρεση των κύριων διανυσμάτων πάνω στα οποία θα προβληθούν οι εικόνες για να γίνει η ανίχνευση της θέσης των χαρακτηριστικών των προσώπων που απεικονίζουν.

Στη συνέχεια, όλο το δείγμα εικόνων με το οποίο έχει εκπαιδευτεί η κάμερα προβάλλεται πάνω στον PCA υποχώρο με αποτέλεσμα τη δημιουργία της συλλογής των *eigenfaces*. Η κάθε εικόνα κωδικοποιείται και λαμβάνει μια τιμή που περιγράφει τη συμβολή του κάθε χαρακτηριστικού σε αυτή. Στη βιβλιογραφία η τιμή αυτή ονομάζεται *weight of eigenface*. Εκτός από την κωδικοποίηση των χαρακτηριστικών του δείγματος, κωδικοποιείται και ο φωτισμός που υπάρχει στην εικόνα, όπως φαίνεται παρακάτω.

Με την εισαγωγή μιας νέας εικόνας ως προς αναγνώριση, υπολογίζεται το βάρος της μέσω της προβολής αυτής στη συλλογή των εικόνων εκπαίδευσης. Στη φάση αυτή εξετάζεται ενδελεχώς το βάρος της εικόνας και συγκρίνεται με τις αντίστοιχες τιμές των εικόνων εκπαίδευσης. Στην περίπτωση όπου το βάρος της εικόνας έχει τιμή παραπλήσια με το βάρος κάποιας άλλης, τότε εισάγεται στην κατηγορία της. Χρησιμοποιείται η μέθοδος του «κοντινότερου γείτονα» για την εύρεση της απόστασης μεταξύ δυο διανυσμάτων.

Στα θετικά του αλγορίθμου συγκαταλέγεται η εύκολη διαχείριση μεγάλων βάσεων δεδομένων, η μείωση της πολυπλοκότητας των υπολογισμών για το βάρος της εικόνας και η επίτευξη εφαρμογών πραγματικού χρόνου (real-time) σε περιπτώσεις όπου τα ιδιοδιανύσματα των εικόνων εκπαίδευσης έχουν υπολογισθεί πριν την αναγνώριση. Επίσης, ως αλγόριθμος φέρει ένα μεγάλο ποσοστό ταύτισης των εικόνων.

Από την άλλη πλευρά, ο Eigenfaces δεν χρησιμοποιείται ευρέως καθώς παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στο φως και στις αλλαγές των εκφράσεων του προσώπου (Εικόνα 47). Για όλους τους παραπάνω λόγους ο αλγόριθμος αυτός δεν χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική.



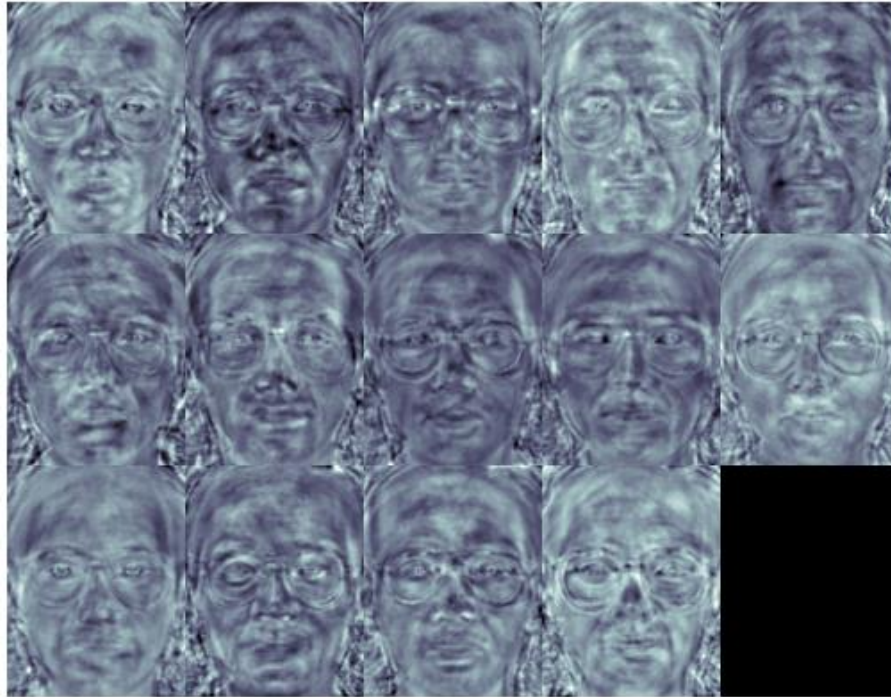
Εικόνα 47: Στην εικόνα απεικονίζεται ο φωτισμός σε κάθε φωτογραφία του δείγματος. Με κόκκινο είναι οι περιοχές με έντονο φως ενώ με μπλε οι περιοχές που έχουν τη μικρότερη δυνατή τιμή φωτός.

4.3.2 Αλγόριθμος Fisherfaces

Ο αλγόριθμος Fisherfaces λαμβάνει υπόψη του την ευαισθησία της αναγνώρισης στον έντονο φωτισμό, καθώς και το γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά του ανθρώπου και η θέση τους είναι το κλειδί για μια σωστή αναγνώριση. Σε αντίθεση με τον προηγούμενο αλγόριθμο, βασίζεται στη *Γραμμική Διαχωριστική Ανάλυση* (Linear Discriminant Analysis, LDA). Η Γραμμική Διαχωριστική Ανάλυση παρατηρεί και επεξεργάζεται την εικόνα, δημιουργώντας μέσα από το συνδυασμό τριών εικόνων, που έχουν ληφθεί σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού, μια 3D βάσης για τον γραμμικό υποχώρο (Εικόνα 48). Η διαδικασία αυτή βοηθά τη μείωση της παρεμβολής του φωτός στην αναγνώριση.

Η εικόνα που τίθεται προς αναγνώριση προβάλλεται στον γραμμικό υποχώρο και με την εφαρμογή του αλγόριθμου του «πλησιέστερου γείτονα» ανιχνεύεται η εικόνα με τη μεγαλύτερη ομοιότητα (η κοντινότερη). Στην περίπτωση που το δείγμα εικόνων είναι εκπαιδευμένο να αναγνωρίζει και ετικέτες¹⁴, τότε μαζί με το ποσοστό ομοιότητας ο αλγόριθμος επιστρέφει και την ετικέτα την οποία κατά τη γνώμη του έχει το άτομο που αναγνωρίστηκε.

¹⁴ Ως ετικέτα ορίζεται το όνομα που έχει δοθεί στην κάθε εικόνα.



Εικόνα 48: Δείγμα εικόνων έτσι όπως έχουν κατασκευαστεί με την προβολή τους στο γραμμικό υποχώρο.

Ο παραπάνω αλγόριθμος μπορεί να είναι πιο γρήγορος σε αναγνώριση, δεν ενδείκνυται όμως για την αναγνώριση ενός ατόμου μέσα από μεγάλες βάσεις δεδομένων εικόνων. Επίσης, η απόδοσή του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα δεδομένα εισαγωγής τόσο των εικόνων εκπαίδευσης όσο και της εικόνας που πρέπει να αναγνωριστεί.

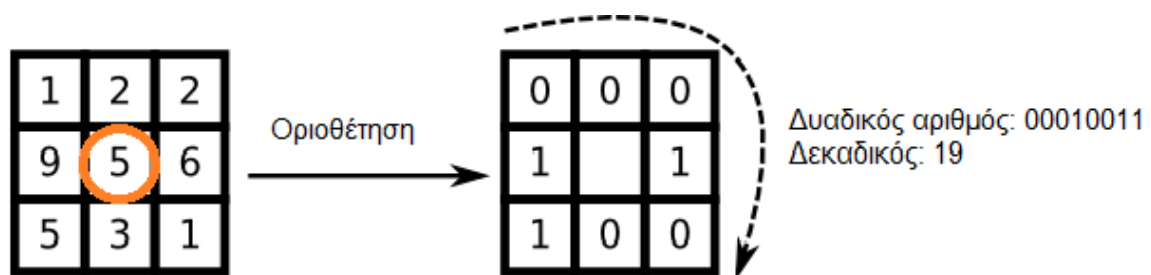
Στην *πλήρη* έκδοση της εφαρμογής (για υπολογιστές με περιβάλλον Linux) έχει χρησιμοποιηθεί ο συγκεκριμένος αλγόριθμος, καθώς είχε καλύτερα αποτελέσματα αναγνώρισης σε συνθήκες έντονου φωτισμού. Ο εν λόγω αλγόριθμος χρησιμοποιήθηκε ως η πιο ικανοποιητική λύση, έχοντας κατά νου ότι το σύστημα θα πρέπει να εκτελεί σωστά την αναγνώριση προσώπου σε όποιο σημείο και αν βρίσκεται, χωρίς να εμποδίζεται η αναγνώριση από την ένταση του φωτός.

4.3.3 Αλγόριθμος Local Binary Patterns Histograms

Στους δύο παραπάνω αλγορίθμους παρατηρείται ότι η αύξηση του ποσοστού της επιτυχημένης αναγνώρισης εξαρτάται από το ποσό των εικόνων που θα εισαχθούν ως προς εκπαίδευση στο σύστημα. Επειδή δεν γίνεται να λαμβάνονται εκατοντάδες εικόνες από το ίδιο πρόσωπο με στόχο τη διαφοροποίηση του φωτισμού, ούτε είναι εύχρηστη η δημιουργία τεράστιων βάσεων δεδομένων, οι προγραμματιστές προχώρησαν στην ανάπτυξη του αλγορίθμου *Local Binary Patterns Histograms*.

Η ιδέα ανάπτυξης του αλγορίθμου αυτού βασίζεται στην ανάλυση των χαρακτηριστικών ως αντικείμενα χωριστά και όχι στην προβολή τους σε κάποιο διάνυσμα όπως οι παραπάνω αλγόριθμοι. Η ουσιαστική λειτουργία του αφορά τη σύγκριση γειτονικών pixel, όπως φαίνεται στο παράδειγμα της Εικόνα 49. Αρχικά, η εικόνα χωρίζεται σε m περιοχές με στόχο την παραγωγή ενός ιστογράμματος από κάθε περιοχή με τη μέθοδο που περιγράφεται παρακάτω.

Για τη σύγκριση, λαμβάνεται ένα pixel ως κεντρικό και με βάση αυτό τίθενται τα κατάλληλα όρια για τους οκτώ γείτονες του. Εάν η ένταση του κεντρικού αυτού pixel είναι μεγαλύτερη ή ίση με το γείτονα που το συγκρίνουμε, τότε η τιμή του γειτονικού pixel αλλάζει και γίνεται 1. Σε αντίθετη περίπτωση το γειτονικό pixel παίρνει την τιμή 0.

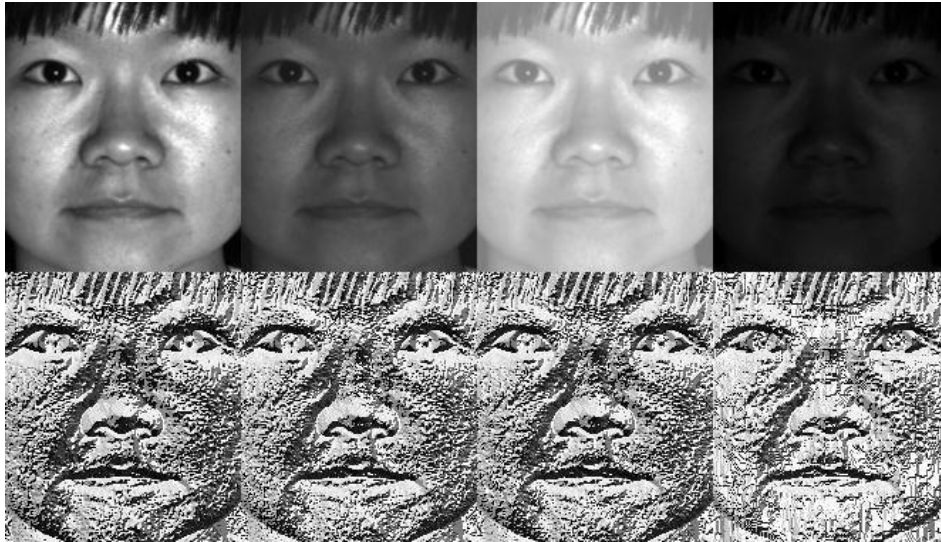


Εικόνα 49: Διαδικασία αλλαγής τιμών στον αλγόριθμο Local Binary Patterns Histograms.

Με την ίδια λογική μετατρέπονται οι τιμές όλων των pixel σε δυαδικές τιμές. Με την ολοκλήρωση της αλλαγής τιμών όλων των pixel, παράγεται ένα ιστόγραμμα να που αντιστοιχεί σε κάθε κελί ανάλογα με τη σύγκριση που έχει γίνει παραπάνω. Τέλος, παράγεται ένα τελικό ιστόγραμμα το οποίο προκύπτει από τη συνένωση όλων των επί μέρους

ιστογραμμάτων που έχουν δημιουργηθεί για το κάθε κελί χωριστά. Η παραπάνω διαδικασία γίνεται για κάθε μία από τις m περιοχές στις οποίες έχει χωριστεί η εικόνα.

Το ιστόγραμμα που προκύπτει από όλες τις περιοχές βοηθά στην παραγωγή του διανύσματος των χαρακτηριστικών που απεικονίζονται στην εικόνα (Εικόνα 50).



Εικόνα 50: Αποτέλεσμα επεξεργασίας εικόνας με τον αλγόριθμο Local Binary Patterns Histograms.

4.4 Φίλτρα εικόνας

Κατά τη διαδικασία δημιουργίας, επεξεργασίας και αποθήκευσης μιας ψηφιακής εικόνας εισέρχονται οπτικές αλλοιώσεις οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητάς της. Οι αλλοιώσεις αυτές οφείλονται σε διάφορα είδη θορύβου που προέρχονται είτε από κάποια εξωτερική συσκευή, είτε από το φως. Εάν παραμείνουν οι αλλοιώσεις αυτές το αποτέλεσμα της ανίχνευσης και της αναγνώρισης δεν θα είναι ακριβές, επομένως πρέπει να εφαρμοστούν τα κατάλληλα φίλτρα για την απομάκρυνση του θορύβου.

Οι τεχνικές βελτιστοποίησης που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των αλλοιώσεων αποτελούν την κατηγορία των **μορφολογικών χειριστών** (morphological operators). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν: η *διάβρωση* (erosion), το *φίλτρο διαστολής* (dilation), η *διαβάθμιση* (gradient) καθώς και συνδυασμοί αυτών. Εκτός από την απομάκρυνση του θορύβου σκοπός των τεχνικών αυτών είναι η βελτιστοποίηση της οπτικής

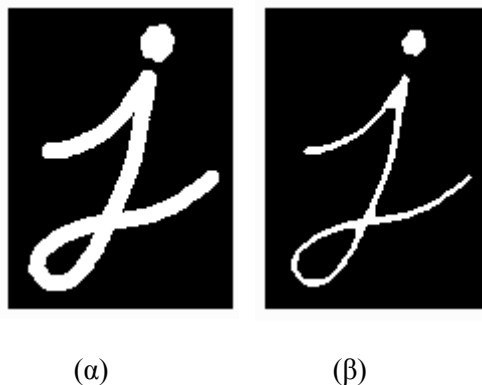
εμφάνισης μιας εικόνας έτσι όπως την αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι. Επιπροσθέτως, γεμίζουν τα κενά της εικόνας με σκοπό να μην υπάρχουν «λευκά» διαστήματα ανάμεσα στα pixel που επεξεργάζεται το πρόγραμμα.

Οι παρακάτω τεχνικές εφαρμόζονται συνήθως σε εικόνες που κινούνται σε τόνους του γκρι ή είναι ασπρόμαυρες για να επιτευχθούν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας.

4.4.1 Διάβρωση εικόνας (erosion)

Η βασική ιδέα της διάβρωσης είναι η αφαίρεση των νέων στοιχείων που εισάγονται στην εικόνα και ανήκουν σε άλλα αντικείμενα, κρατώντας πάντα το λευκό σε πρώτο πλάνο. Αρχικά υπολογίζεται μια τοπική ελάχιστη τιμή που αφορά τον πυρήνα της εικόνας. Στη συνέχεια, σαρώνεται η εικόνα pixel προς pixel και γίνεται η ακόλουθη μεταβολή τιμών: ένα pixel στην αρχική εικόνα (είτε φέρει την τιμή 1 ή 0) θα πάρει την τιμή 1 μόνο εάν όλα τα pixels κάτω από το όριο είναι 1, αλλιώς γίνεται μηδέν (διαβρώνεται). Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής παρουσιάζεται στην Εικόνα 51.

Μέσα από την παραπάνω διαδικασία, όλα τα pixels κοντά στο σύνορο θα απορρίπτονται ανάλογα με το μέγεθος του πυρήνα. Έτσι, το πάχος ή το μέγεθος του αντικειμένου στο προσκήνιο μειώνεται, μειώνεται δηλαδή η λευκή περιοχή στην εικόνα. Η διαδικασία αυτή είναι χρήσιμη για την αφαίρεση μικρών λευκών κηλίδων [22] που αντιστοιχούν σε θόρυβο. Η διάβρωση της εικόνας έχει το μειονέκτημα να μειώνει το μέγεθος του αντικειμένου που απεικονίζεται.



Εικόνα 51: (α) Η αρχική εικόνα (β) Η εικόνα μετά από διάβρωση.

4.4.2 Φίλτρο διαστολής (dilation)

Η τεχνική αυτή είναι η αντίστροφη της διάβρωσης. Εδώ τα στοιχεία παίρνουν την τιμή 1 μόνο στην περίπτωση που τουλάχιστον ένα pixel στην περιοχή του πυρήνα έχει την τιμή 1. Έτσι αυξάνεται η λευκή περιοχή στην εικόνα ή το μέγεθος του αντικειμένου που βρίσκεται στο προσκήνιο. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιείται πρώτα η τεχνική της διάβρωσης για να αφαιρεθεί ο θόρυβος και ύστερα εφαρμόζεται η τεχνική της διαστολής, ώστε να επανέλθει η εικόνα στο μέγεθος που είχε αρχικά και χωρίς θόρυβο. Το αποτέλεσμα της διάβρωσης παρουσιάζεται στην Εικόνα 52.



Εικόνα 52: Εικόνα ύστερα από χρήση φίλτρου διαστολής.

4.4.3 Διαβάθμιση (gradient)

Το φίλτρο της διαβάθμισης είναι το αντίστροφο των δύο παραπάνω φίλτρων. Στη μέθοδο αυτή το κάθε pixel συγκρίνεται με το γειτονικό του και αν υπάρχουν δύο pixel με την τιμή 1, τότε το ένα από τα δύο pixel παίρνει την τιμή 0. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής της μεθόδου σε μια εικόνα αναπαρίσταται στην Εικόνα 53.



Εικόνα 53: Εικόνα έπειτα από την εφαρμογή φίλτρου διαβάθμισης.

Στην παρούσα διπλωματική, για μια πιο επιτυχημένη ανίχνευση κίνησης εφαρμόζεται πρώτα η τεχνική της διαστολής και έπειτα η τεχνική της διάβρωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η λήψη μιας εικόνας χωρίς θόρυβο και με καμία αλλοίωση στο μέγεθός της.

4.5 Ο αλγόριθμος που αναπτύξαμε για τη διπλωματική εργασία

Για την κάλυψη των αναγκών της παρούσας διπλωματικής δημιουργήσαμε δύο εφαρμογές με εφάμιλλα στοιχεία. Ο λόγος που έγινε επιλογή υλοποίησης δύο εκδόσεων του προγράμματος, αφορά κυρίως την προσπάθεια υλοποίησης ενός συστήματος που θα λειτουργεί όσο το δυνατόν πλησιέστερα σε συνθήκες πραγματικού χρόνου (real-time). Πρέπει να σημειωθεί ότι τα όσα αναφέρονται στην ενότητα αυτή έχουν προκύψει ύστερα από ενδελεχή έρευνα και πειραματισμούς δικούς μου και δεν αποτελούν έτοιμο προγραμματιστικό μέρος καμιάς εργασίας.

Η βασική διαφορά των δύο εκδόσεων επαφίεται στις αυξημένες απαιτήσεις σε επεξεργαστική ισχύ που απαιτεί η διαδικασία της αναγνώριση προσώπου. Συστήματα με υψηλή επεξεργαστική ισχύ διαχειρίζονται πιο γρήγορα διεργασίες που αφορούν την επεξεργασία εικόνων. Αντίθετα, οι μικροϋπολογιστές μπορεί να έχουν μεν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν φωτογραφίες, λόγω μειωμένης επεξεργαστικής ισχύος όμως υπάρχει μια καθυστέρηση κατά την παραγωγή αποτελέσματος. Η καθυστέρηση αυτή σε εφαρμογές όπου ο χρόνος δεν έχει κυρίαρχο ρόλο θεωρείται αμελητέα. Σε εφαρμογές όμως όπου απαιτείται αμεσότητα, και ο χρόνος παίζει καθοριστικό ρόλο, τότε η παραμικρή καθυστέρηση θεωρείται σημαντική και μη αποδεκτή. Για τους παραπάνω λόγους δημιουργήθηκαν δύο εκδόσεις της εφαρμογής.

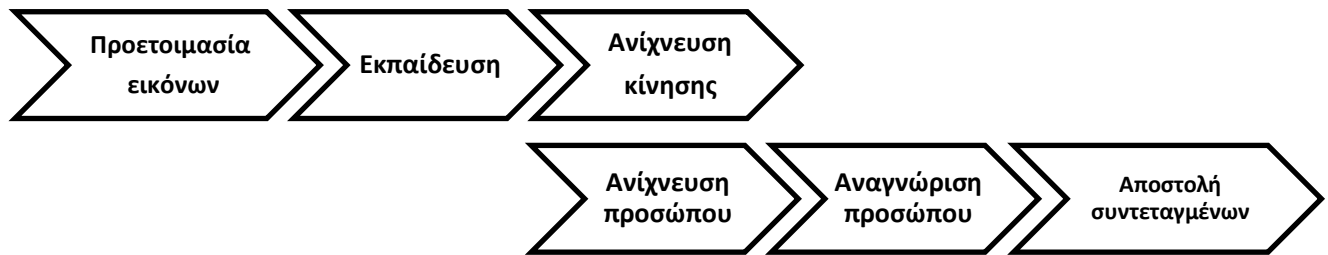
Η πρώτη εφαρμογή αφορά την *πλήρη εκδοχή* του προγράμματος και εκτελείται σε υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Linux, της αρχιτεκτονικής Intel Core i5 με τουλάχιστον 3GHz και 4GB RAM. Ο αλγόριθμος στοχεύει, όπως έχει προαναφερθεί, στην ανίχνευση κίνησης, την ανίχνευση προσώπου και την αναγνώριση αυτού. Η αναγνώριση του ατόμου που εισέρχεται στο χώρο γίνεται με βάση τις φωτογραφίες των προσώπων των ατόμων που έχει εισάγει ο χρήστης. Η κίνηση που προσδίδεται στο όπλο κατά την αναγνώριση αφορά έναν διαφορετικό αλγόριθμο, ο οποίος θα μελετηθεί στο Κεφάλαιο 6.

Η εφαρμογή αυτή υποστηρίζει τρεις κάμερες, την ενσωματωμένη κάμερα του υπολογιστή, μια απλή USB κάμερα και μια στερεοσκοπική κάμερα που έχει όμως drivers για συστήματα Linux. Η επιλογή της κάμερας γίνεται από τον χρήστη μέσω της ιστοσελίδας. Επίσης, πέρα από την επιλογή κάμερας, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει και τη θύρα Arduino, η οποία συνδέεται σειριακά (μέσω USB) με τον υπολογιστή ή το μικροϋπολογιστή, στην οποία είναι συνδεδεμένη η κατασκευή. Αυτό συμβαίνει καθώς κάποιες φορές, και για προγραμματιστικούς κυρίως λόγους, απαιτείται η αλλαγή θύρας στον προγραμματισμό του μικροεπεξεργαστή. Η δυνατότητα αυτή δίνεται και πάλι μέσα από την ιστοσελίδα όπως θα αναλυθεί λεπτομερέστερα στο κεφάλαιο 5.

Η δεύτερη εκδοχή του προγράμματος φέρει μόνο την ανίχνευση κίνησης και λειτουργεί στον υπολογιστή μιας πλακέτας Raspberry Pi¹⁵. Η διαδικασία που έχει ακολουθηθεί για την ανάπτυξη των δύο προγραμμάτων είναι κοινή, από τη δεύτερη εκδοχή όμως απουσιάζει η διαδικασία της αναγνώρισης προσώπου. Η διαδικασία αυτή υφίσταται προγραμματιστικά, ωστόσο στην περίπτωση αυτή εισάγεται καθυστέρηση κατά την παραγωγή του αποτελέσματος και το σύστημα χάνει το χαρακτηριστικό της εκτέλεσης σε πραγματικό χρόνο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην κινηθεί άμεσα το όπλο και να μην πετύχει πιθανότατα το στόχο του.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η δεύτερη εκδοχή υποστηρίζει μόνο τη χρήση USB κάμερας. Αυτό συμβαίνει καθώς τα χαρακτηριστικά ενός Raspberry pi δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν στη λειτουργία της στερεοσκοπικής κάμερας ASUS που χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη έκδοση και στην παράλληλη επεξεργασία εικόνας. Σε άλλες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα τη λήψη στερεοσκοπικής εικόνας από την κάμερα με τη χρήση του Raspberry Pi, η σύνδεση και η λειτουργία της στερεοσκοπικής αυτής κάμερας είναι εφικτή.

¹⁵ Ο εν λόγω μικροϋπολογιστής χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί στη θέση του οποιοσδήποτε άλλος μικροϋπολογιστής.



Σχήμα 3: Τα έξι στάδια του αλγορίθμου της διπλωματικής εργασίας.

Όπως απεικονίζεται και παραπάνω, τα στάδια που περνάει ο αλγόριθμος από τη διαδικασία της προετοιμασίας είναι έξι¹⁶:

1. προετοιμασία εικόνων.
2. εκπαίδευση αλγορίθμου για την «απομνημόνευση» των προσώπων.
3. ανίχνευση κίνησης.
4. ανίχνευση προσώπου.
5. αναγνώριση προσώπου.
6. αποστολή συντεταγμένων στο Arduino για να δοθεί κίνηση στο όπλο.

Προετοιμασία εικόνων

Τα παραπάνω βήματα καθώς και οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν αναλύθηκαν λεπτομερώς σε παραπάνω υποενότητες του κεφαλαίου αυτού. Το πρώτο βήμα, **η προετοιμασία των εικόνων**, είναι το βασικότερο στην εν λόγω διαδικασία καθώς χωρίς ένα

¹⁶ Απαριθμούνται τα στάδια του πλήρους προγράμματος.

σωστό και σαφές δείγμα εικόνων για εκπαίδευση δεν μπορεί να γίνει σωστή αναγνώριση. Για τους παραπάνω λόγους, τα δείγματα που έχουν ληφθεί ακολουθούν τους εξής κανόνες¹⁷:

- να υπάρχει ποικιλομορφία στο φωτισμό των φωτογραφιών.
- να απεικονίζεται μόνο το πρόσωπο του ατόμου και όχι όλο το σώμα.
- να μην υπάρχουν επιπλέον άτομα ή αντικείμενα στην εικόνα.
- σε περιπτώσεις όπου πρέπει να αναγνωρίζονται ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως γυαλιά μυωπίας ή μουστάκι, θα πρέπει να εισαχθούν οι κατάλληλες φωτογραφίες. Εάν το πρόγραμμα έχει εκπαιδευτεί να αναγνωρίζει έναν άνθρωπο με μουστάκι, και οι φωτογραφίες του ατόμου αυτού δεν έχουν μουστάκι, τότε η αναγνώριση είναι λανθασμένη.
- οι φωτογραφίες πρέπει να έχουν όλες το ίδιο μέγεθος και την ίδια μορφή. Οι φωτογραφίες στην παρούσα διπλωματική είναι 92x92 pixel και έχουν τη μορφή .pgm.
- για την αποφυγή θορύβου έχει γίνει μετατροπή των φωτογραφιών σε αποχρώσεις του γκρι. Επιπροσθέτως προτιμάται η μετατροπή εικόνων σε κλίμακα του γκρι, καθώς μειώνεται το φόρτο επεξεργασίας αυτών στο πρόγραμμα.
- προτιμάται το σύνολο των φωτογραφιών να απεικονίζει διάφορες, διαφορετικές εκφράσεις του προσώπου, καθώς εάν η εκπαίδευση γίνει μόνο με μια συγκεκριμένη έκφραση, τότε θα πρέπει το άτομο να αναγνωρίζεται κάθε φορά με βάση αυτή π.χ. εάν ένα άτομο χαμογελά στις εικόνες εκπαίδευσης, τότε για την αναγνώρισή του θα πρέπει να χαμογελά στην κάμερα με τον ίδιο ή παραπλήσιο τρόπο.

Η προετοιμασία των εικόνων αφορά τη λήψη φωτογραφιών που υπακούν στα παραπάνω χαρακτηριστικά και τη μετέπειτα επεξεργασία τους. Οι φωτογραφίες που συνέλεξα για την αναγνώριση έχουν ληφθεί σε περιβάλλοντα με ποικίλο φωτισμό, καθώς και σε διάφορες διαφορετικές ώρες τις ημέρας. Μετά από έρευνα πάνω στους αλγόριθμους αναγνώρισης που παρέχονται από την εν λόγω βιβλιοθήκη, παρατήρησα πως χρησιμοποιώντας δείγματα των οποίων η συλλογή φωτογραφιών περιείχε φωτογραφίες με διαφορετικό φωτισμό η κάθε μία, τότε το ποσοστό αναγνώρισης του ατόμου ήταν αυξημένο.

¹⁷ Οι παραπάνω κανόνες έχουν προκύψει έπειτα από ενδελεχή έρευνα και πειραματισμό της συγγραφέως. Σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν μοναδικούς κανόνες για την αναγνώριση, ούτε εξασφαλίζουν την πλήρη ταύτιση - αναγνώριση.

Σε επόμενο στάδιο, δημιουργείται ένα αρχείο το οποίο φέρει τη θέση των φωτογραφιών μέσα στο φάκελο (το path τους) καθώς και την ετικέτα – αναγνωριστικό όνομα που θα εμφανίζεται εφόσον η αναγνώριση είναι επιτυχής, για παράδειγμα το όνομα του ατόμου που απεικονίζεται. Το αρχείο αυτό εισάγεται μαζί με τα υπόλοιπα στον αλγόριθμό Fisherfaces για την εκπαίδευση και την αναγνώριση του δείγματος. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται η *βάση δεδομένων εκπαίδευσης*.

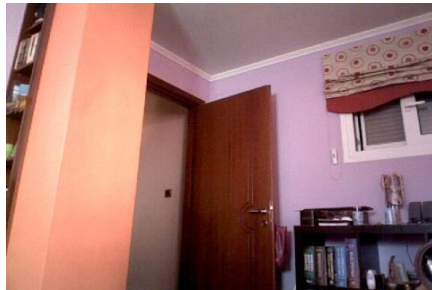
Το πλήθος των φωτογραφιών που χρησιμοποιήθηκαν είναι ογδόντα (80) και τα άτομα που φέρονται ως οικεία είναι τέσσερα (4). Και σε αυτή την περίπτωση ο αριθμός προκύπτει εντελώς πειραματικά, καθώς με λιγότερες φωτογραφίες η αναγνώριση δεν είχε υψηλά ποσοστά επιτυχιών. Ακόμη, πειραματικός είναι και ο ορισμός του κατωφλιού για την ανίχνευση κίνησης και την αναγνώριση.

Ανίχνευση κίνησης

Εφόσον έχει γίνει η εκπαίδευση του αλγορίθμου για την «απομνημόνευση» των χαρακτηριστικών του ατόμου και την ανίχνευση του προσώπου, σειρά έχει η ανίχνευση της κίνησης. Για την ανίχνευση κίνησης, χρησιμοποίησα τη μέθοδο *αφαίρεσης φόντου* (*Background subtraction*) η οποία αναφέρεται σε παραπάνω υποενότητα. Την τεχνική αυτή την επέλεξα μετά από πειραματισμούς, καθώς στόχος μου ήταν το τελικό αποτέλεσμα να έχει τη λιγότερη επιρροή από την αλλαγή σε συνθήκες φωτός. Όλες οι τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρούσα διπλωματική, έχουν επιλεγεί με γνώμονα τη χαμηλότερη εισβολή θορύβου από το φως κατά την επεξεργασία της εικόνας.

Η ανίχνευση κίνησης που γίνεται στο στάδιο αυτό αφορά την αναγνώριση οποιουδήποτε αντικειμένου υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο μέγεθος. Αυτό συμβαίνει καθώς θέλουμε ο χρήστης να μπορεί να ελέγξει οτιδήποτε έχει εισέλθει στο χώρο του, ακόμη κι αν δεν είναι άνθρωπος. Ωστόσο, επειδή δεν θέλουμε να γίνεται υπερφόρτωση του συστήματος με φωτογραφίες που λαμβάνονται από την παραμικρή κίνηση που θα ανιχνεύεται στο χώρο, όρισα ένα κατώφλι (threshold) σύμφωνα με το οποίο θα γίνεται η λήψη των εικόνων. Εάν το αντικείμενο που θα εισέλθει στο χώρο φύλαξης του συστήματος υπερβαίνει το όριο αυτό, τότε φωτογραφίζεται και συνεχίζει η ανίχνευση προσώπου προκειμένου να προσδιοριστεί εάν είναι άνθρωπος ή όχι. Σε αντίθετη περίπτωση, ο αλγόριθμος προσπερνά το αντικείμενο αυτό

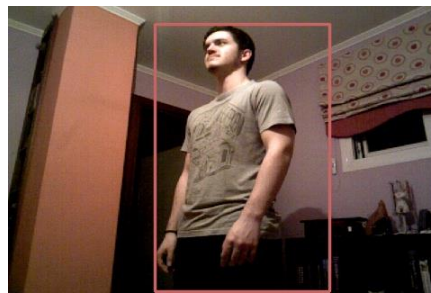
και συνεχίζει η κάμερα να ελέγχει το χώρο για το επόμενο κινούμενο αντικείμενο (Εικόνα 54).



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 54: (α) Αρχική εικόνα του χώρου. (β) Το αντικείμενο που εισάγεται στο οπτικό πεδίο της κάμερας έχει διαστάσεις μικρότερες από το κατώφλι που έχει οριστεί, με αποτέλεσμα να αποθηκεύεται η φωτογραφία του στη μνήμη του υπολογιστή και το πρόγραμμα να συνεχίζει για να ανιχνεύσει την επόμενη κίνηση. (γ) Ανίχνευση αντικειμένου με διαστάσεις μεγαλύτερες από το κατώφλι. Στην περίπτωση αυτή ο αλγόριθμος περνά στο επόμενο στάδιο της ανίχνευσης προσώπου για να διαπιστώσει εάν το αντικείμενο είναι άνθρωπος (έχει πρόσωπο) ή όχι.

Ανίχνευση προσώπου

Μετά την εκπαίδευση και εφόσον έχει ολοκληρωθεί η ανίχνευση κίνησης, τότε ενεργοποιείται η ανίχνευση προσώπου. Ο λόγος που χρησιμοποιείται ανίχνευση προσώπου είναι για να σιγουρευτούμε ότι το αντικείμενο που βρίσκεται στο οπτικό πεδίο της κάμερας είναι άνθρωπος και όχι κάποιο αντικείμενο μεγάλου μεγέθους. Επίσης, χρησιμεύει σε

περιπτώσεις όπου στην κάμερα εισέλθει μόνο το πρόσωπο του ατόμου και όχι ολόκληρος (μικρότερο κατώφλι από εκείνο που έχει οριστεί για να ξεκινήσει η ανίχνευση).

Εφόσον η ανίχνευση προσώπου πιστοποιήσει ότι το εικονιζόμενο αντικείμενο είναι άνθρωπος, σχεδιάζεται η «περιοχή ενδιαφέροντος» (Region of Interest, ROI) στην εικόνα, η οποία αντιστοιχεί στο πρόσωπο του ατόμου. Η νέα εικόνα που τίθεται προς αναγνώριση, το επόμενο στάδιο του αλγορίθμου, είναι πλέον το πρόσωπο του ατόμου που εισήλθε στο χώρο.

Στη δεύτερη έκδοση του προγράμματος, μόλις ολοκληρωθεί η ανίχνευση προσώπου και πιστοποιηθεί ότι το αντικείμενο είναι άνθρωπος, αποστέλλονται οι συντεταγμένες θέσης του στο μικροελεγκτή Arduino Uno. Το πρόγραμμα που έχει δημιουργηθεί για τις ανάγκες κίνησης του όπλου, μόλις λάβει τις ανάλογες συντεταγμένες κινεί το όπλο στην ανάλογη θέση. Υπενθυμίζεται ότι τα βελάκια του όπλου είναι από αφρολέξ και δεν έχουν ως στόχο να τραυματίσουν το άτομο που εισέρχεται στο χώρο.

Αναγνώριση προσώπου

Με το πέρας της ανίχνευσης ενεργοποιείται η αναγνώριση του ατόμου. Η αναγνώριση χρησιμοποιεί το υλικό εκπαίδευσης του αλγορίθμου. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο Fisherfaces. Η επιλογή του αλγορίθμου αυτού δεν είναι τυχαία, καθώς έχουν γίνει δοκιμές και με τους αλγορίθμους αναγνώρισης που αναφέρονται παραπάνω, ο Fisherfaces όμως είναι εκείνος που δίνει πιο αξιόπιστο αποτέλεσμα. Η τιμή που επιστρέφει ο αλγόριθμος αυτός, περνά από έλεγχο, ώστε να κριθεί εάν είναι αξιόπιστο το αποτέλεσμα. Εάν η τιμή αυτή είναι πάνω από το προκαθορισμένο κατώφλι, τότε η αναγνώριση καθορίζεται ως επιτυχής και η εικόνα παίρνει μια ετικέτα. Η ετικέτα αυτή είναι το όνομα που έχει δοθεί στην εικόνα κατά την εκπαίδευση.

Το κατώφλι αυτό επιλέχθηκε μετά από έρευνα και αρκετά πειράματα καθώς θα έπρεπε να είναι αξιόπιστη η τιμή του. Για να επιτευχθεί αυτό έγιναν δοκιμές αναγνώρισης σε διάφορες χρονικές περιόδους, σε διαφορετικούς χώρους όπου ο φωτισμός δεν είναι ίδιος και σε εναλλαγές πηγών φωτός, όπως για παράδειγμα να ξεκινά η αναγνώριση με μια κύρια πηγή φωτός και να προστίθεται στη συνέχεια και μια δεύτερη (φως ηλίου, λάμπα δωματίου). Πειραματικές διεργασίες έγιναν όμως και για την εύρεση του κατωφλίου που αφορά την ανίχνευση κίνησης.

Κάθε φορά που γίνεται μια αναγνώριση, επιτυχημένη ή αποτυχημένη, το πρόγραμμα την καταγράφει σε ένα αρχείο με όνομα “logfile.txt”. Το αρχείο αυτό χρησιμοποιείται αφ’ ενός για ετεροχρονισμένο έλεγχο από το χρήστη σχετικά με το ποιος και πότε εισήλθε στο χώρο φύλαξης και αφ’ ετέρου για τον απομακρυσμένο έλεγχο του χώρου μέσα από την ιστοσελίδα. Για τον ίδιο λόγο, όταν γίνεται ανίχνευση ενός προσώπου, πριν από την αναγνώριση, αποθηκεύεται μια φωτογραφία σε συγκεκριμένο φάκελο του συστήματος. Οι φωτογραφίες αποθηκεύονται με όνομα την ημερομηνία και την ώρα λήψης τους. Επιπροσθέτως, και ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα, γίνεται λήψη μιας φωτογραφίας κάθε ένα δευτερόλεπτο, η οποία χρησιμοποιείται για αναπαραγωγή στην ιστοσελίδα. Ο τρόπος αυτός επιλέχθηκε καθώς η απευθείας μετάδοση ήταν αρκετά αργή και το πρόγραμμα καθυστερούσε τις υπόλοιπες λειτουργίες του.

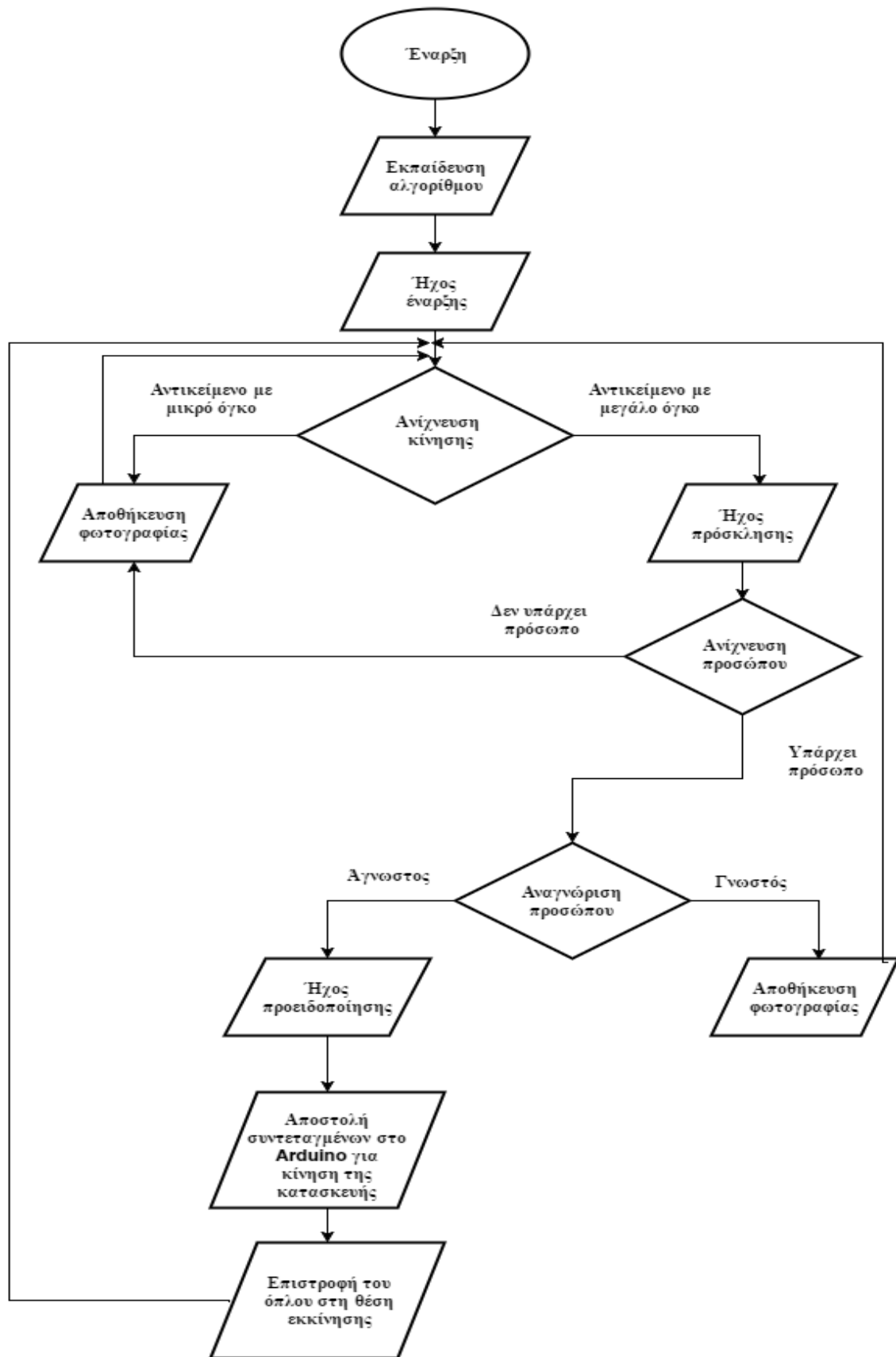
Η εφαρμογή επίσης έχει τη δυνατότητα φωνητικής ενημέρωσης σε περιπτώσεις όπου εισέλθει κάποιος στο χώρο φύλαξης. Σε περιπτώσεις όπου η αναγνώριση είναι επιτυχημένη, ακούγεται ένα ηχητικό μήνυμα το οποίο καλωσορίζει το χρήστη στο χώρο. Σε αντίθετη περίπτωση ακούγεται ήχος ο οποίος ενημερώνει τους παρευρισκόμενους στο χώρο ότι έχει γίνει εσφαλμένη αναγνώριση. Για την παραγωγή των ηχητικών μηνυμάτων χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη ήχου Fmod [23]. Η χρήση της συγκεκριμένης βιβλιοθήκης ήχου δεν είναι τυχαία, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί από συστήματα με διαφορετικούς επεξεργαστές, όπως arm.

Όσον αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά, η πλήρης έκδοση καλύπτει την χρήση οποιασδήποτε κάμερας συνδέσει ο χρήστης στον υπολογιστή του. Εκτός από την κάμερα, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει χειροκίνητα τη θύρα στην οποία θα συνδεθεί το Arduino. Στόχος μου κατά την παραγωγή του προγράμματος ήταν να μπορεί το τελικό πρόγραμμα να ικανοποιεί τις απαιτήσεις όλων των χρηστών και να χαρακτηρίζεται από ευκολία, δυναμικότητα και επεκτασιμότητα. Για το λόγο αυτό, όλες οι παραπάνω παράμετροι εισάγονται ως παράμετροι κλήσης κατά την εκτέλεση του προγράμματος, κάτι το οποίο θα να λυθεί εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

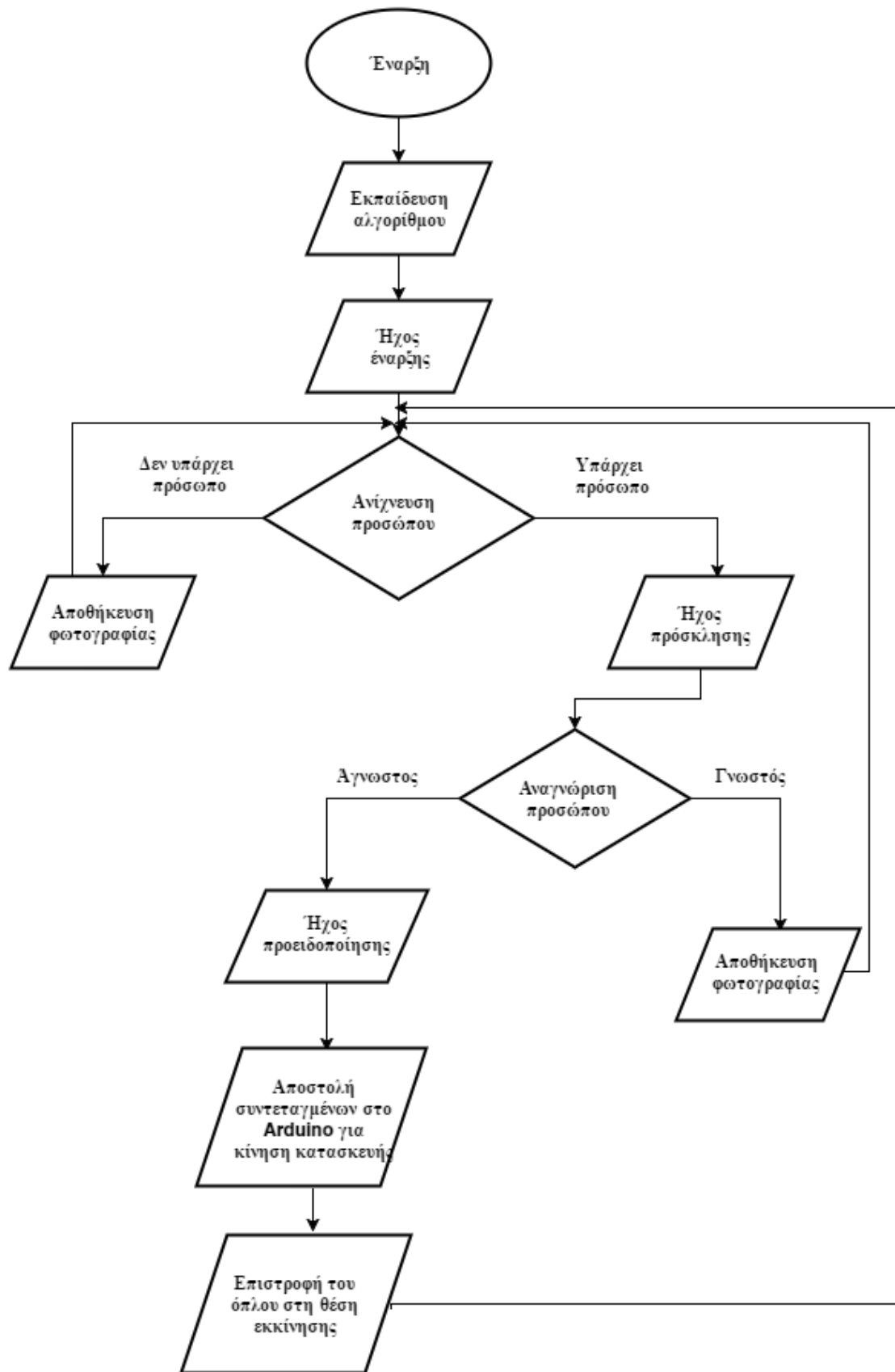
Για να γίνει πιο κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν και τα δύο προγράμματα, αρκεί κανείς να δει τα παρακάτω διαγράμματα ροής (Σχήμα 4, Σχήμα 5). Το πρώτο από τα διαγράμματα αναπαριστά τη λειτουργία της πλήρους έκδοσης και έπειτα παρουσιάζεται η λειτουργία της δεύτερης έκδοσης.

Στο παρόν κεφάλαιο έγινε ανάλυση του λογισμικού το οποίο είναι υπεύθυνο για την ανίχνευση κίνησης, την ανίχνευση προσώπου και την αναγνώριση του. Το λογισμικό αυτό έχει δύο εκδόσεις, καθώς η κάθε έκδοση εκτελείται σε διαφορετικό σύστημα με διαφορετική επεξεργαστική ισχύ.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται εκτενής ανάλυση της ανάπτυξης μιας ιστοσελίδας μέσω της οποίας μπορεί ο χρήστης να ενεργοποιεί, να απενεργοποιεί και να χρονοπρογραμματίζει το σύστημα, να εισάγει φωτογραφίες για αναγνώριση και να επεξεργάζεται τους χρήστες του. Επίσης, στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται και η διασύνδεση μεταξύ του προγράμματος και της ιστοσελίδας.



Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής πλήρους προγράμματος που εκτελείται σε υπολογιστές με περιβάλλον Linux.



Σχήμα 5: Διάγραμμα ροής δεύτερου προγράμματος που εκτελείται στο μικροϋπολογιστή Raspberry Pi.

5

Ιστοσελίδα συστήματος

Εφόσον έχει αναλυθεί το κομμάτι του λογισμικού μέρους του συστήματος που αφορά την ανίχνευση κίνησης και την αναγνώριση προσώπων, έχει σειρά να αναλυθεί στο παρόν κεφάλαιο η συνοδευτική ιστοσελίδα του συστήματος. Μέσα από την ιστοσελίδα αυτή μπορεί ο χρήστης να χειριστεί την προαναφερθείσα εφαρμογή και να κατανοήσει τα αποτελέσματα τα οποία αυτή παράγει. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ιστοσελίδα που θα περιγραφεί παρακάτω με την εφαρμογή είναι άρρηκτα και άμεσα συνδεδεμένες, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όλους τους χρήστες χωρίς να απαιτεί γνώσεις προγραμματισμού ή πληροφορικής γενικότερα.

Στο τέλος της παρούσας εργασίας (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α) υπάρχουν τα mockups [25] τα οποία αναπτύχθηκαν πριν την κατασκευή της ιστοσελίδας.

5.1 Θεωρητική προσέγγιση του ιστοχώρου

Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος αλλά και της αλληλεπίδρασής μεταξύ χρήστη και εφαρμογής, κρίνεται απαραίτητη η παράθεση μιας θεωρητικής προσέγγισης του ιστοχώρου ως τμήμα του συστήματος.

Κάθε κομμάτι του ευρύτερου συστήματος ονομάζεται υποσύστημα και αποτελεί μια διακριτή οντότητα που εκτελεί ένα σύνολο λειτουργιών. Η επικοινωνία της κάθε οντότητας

ξεχωριστά με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται ονομάζεται διεπαφή [24]. Οι λειτουργίες που καλούνται να εκτελέσουν οι οντότητες προκύπτουν από αιτήματα άλλων οντοτήτων (υποσυστήματα). Πιο συγκεκριμένα, η αλληλεπίδραση μεταξύ των οντοτήτων γίνεται με τη μια να αιτείται την υλοποίηση μιας λειτουργίας που προσφέρει η δεύτερη μέσω της διεπαφής της.

Η επιλογή ανάπτυξης ιστοχώρου στην παρούσα διπλωματική έγινε για δύο λόγους. Αφ' ενός, αποτελεί τη διεπαφή χρήστη, δηλαδή το μέσω με το οποίο ο χρήστης αλληλεπιδρά με το σύστημα. Αφ' εταίρου, ο ιστοχώρος φέρει τον τίτλο της διεπαφής λογισμικού, δηλαδή το μέσο με το οποίο αλληλεπιδρούν τα διαφορετικά τμήματα του λογισμικού στο σύνολο του υποσυστήματος.

Εν κατακλείδι, μπορεί να ειπωθεί πως η ιστοσελίδα αποτελεί σημαντικό κομμάτι του συστήματος καθώς είναι αυτό στο οποίο βασίζεται η ανταπόκριση του συστήματος στα δεδομένα του περιβάλλοντος, καθορίζοντας με αλγορίθμους τα πιθανά σενάρια και τις αποφάσεις που θα ακολουθηθούν.

Η σελίδα υποστηρίζει δύο εκδόσεις. Η πρώτη έκδοση αφορά την χρήση της στο ενσωματωμένο σύστημα που χρησιμοποιεί το μικροϋπολογιστή Raspberry Pi. Επειδή η εφαρμογή που έχει υλοποιηθεί για το σύστημα αυτό δεν υποστηρίζει την αναγνώριση προσώπου και κατ' επέκταση κάποιες από τις λειτουργίες της σελίδας, έχει δημιουργηθεί ένας διακόπτης που καθορίζει ποια χαρακτηριστικά χρησιμοποιεί η κάθε έκδοση. Η πλήρης έκδοση της εφαρμογής χρησιμοποιεί και την πλήρη έκδοση της ιστοσελίδας. Οι απαιτήσεις και των δύο συστημάτων και εφαρμογών από τη σελίδα παραμένουν ίδιες.

Στις παρακάτω ενότητες του κεφαλαίου θα αναλυθούν λεπτομερώς οι απαιτήσεις του συστήματος, οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, η λειτουργία της σελίδας και η επικοινωνία μεταξύ της σελίδας και της εφαρμογής. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι μετρήσεις του κώδικα που έχει γραφεί τόσο για την κατασκευή της ιστοσελίδας όσο και για τη δημιουργία της εφαρμογής και τον κώδικα που δίνει κίνηση στο όπλο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η σελίδα έχει αναπτυχθεί σε ρευστή διάταξη (bootstrap), ώστε να μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί και από φορητές συσκευές και όχι μόνο από υπολογιστή. Ο λόγος επιλογής σχεδιασμού μιας τέτοιας ιστοσελίδας είναι η σημερινή

αυξημένη χρήση κινητών συσκευών από τους χρήστες και το γεγονός ότι αυξάνεται το πλεονέκτημα του απομακρυσμένου ελέγχου που έχει το σύστημα.

5.2 Απαιτήσεις συστήματος

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η κατασκευή ενός απομακρυσμένου συστήματος ελέγχου ενός εσωτερικού χώρου. Πριν γίνει οποιαδήποτε ανάλυση του συστήματος αυτού, πρέπει να καθοριστούν οι απαιτήσεις που αυτό πρέπει να πληροί.

- **Ο κύριος έλεγχος του συστήματος ορίζεται από το διαχειριστή.** Για λόγους ασφαλείας, στο σύστημα δεν θα μπορεί να κάνει εγγραφή και είσοδο όποιος χρήστης επιθυμεί. Το σύστημα έχει αναπτυχθεί για την προστασία και την παρακολούθηση ενός χώρου. Για το λόγο αυτό, ο διαχειριστής του συστήματος θα έχει τη δυνατότητα να κάνει την εγγραφή και τη διαχείριση των χρηστών.
- **Θα πρέπει να υπάρχουν εγγεγραμμένοι χρήστες στο σύστημα.** Πρέπει να υλοποιηθεί κατάλληλη λειτουργία, με την οποία θα μπορεί κάποιος αφού συνδεθεί στον ιστοχώρο του συστήματος, να χρησιμοποιήσει τα στοιχεία της εγγραφής του για να αποκτήσει πρόσβαση σ αυτόν.
- **Θα πρέπει να υπάρχει ιεραρχία μεταξύ των χρηστών.** Στην παρούσα υλοποίηση απαιτούνται δύο επίπεδα ιεραρχίας χρηστών, ο διαχειριστής, και οι απλός χρήστης. Ο διαχειριστής έχει περισσότερα δικαιώματα και λειτουργίες στη διάθεσή του από τον απλό χρήστη και μπορεί να διαχειρίζεται το σύνολο των χρηστών του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, ο διαχειριστής θα μπορεί να επεξεργάζεται στοιχεία χρηστών, να διαγράφει χρήστες, να προβιβάζει έναν απλό χρήστη σε διαχειριστή και το αντίστροφο, να ελέγχει ολόκληρο το σύστημα, καθώς και να αποφασίζει ποιοι από τους χρήστες θα ενημερώνονται για την κατάσταση του χώρου μέσα από ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail).
- **Κάθε συσκευή απαιτείται να έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο.** Για την επικοινωνία της εφαρμογής με το χρήστη ή το διαχειριστή, απαιτείται η σύνδεση στο διαδίκτυο. Η

συνδεσιμότητα μπορεί να επιτυγχάνεται είτε ενσύρματα είτε ασύρματα μέσω Ethernet ή Wi-Fi. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί το Raspberry Pi, για την ασύρματη σύνδεσή της μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας USB Wi-fi προσαρμογέας (802.11 b/g/n).

- **Θα πρέπει να εξασφαλιστεί ότι κάθε ενέργεια ή σύνδεση στον ιστοχώρο θα γίνεται με ασφάλεια.** Επειδή πρόκειται για ένα σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου, θα πρέπει να γίνει χρήση κατάλληλων μηχανισμών προστασίας ώστε να αποφευχθεί μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στην εφαρμογή ή στα δεδομένα των χρηστών.
- **Το σύστημα θα πρέπει να παρέχει στο χρήστη ένα απλό και ξεκάθαρο περιβάλλον χρήσης.** Η δημιουργία του ιστοχώρου πρέπει να γίνει με γνώμονα την ευκολία και την εξοικείωση του χρήστη με την τεχνολογία. Το σύστημα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα που δεν έχουν εξοικειωθεί με την τεχνολογία, επομένως θα πρέπει να είναι φιλικό προς το χρήστη, με δομημένα και επεξηγηματικά μηνύματα σφάλματος καθώς και να περιέχει ξεκάθαρες οδηγίες. Ακόμη, δεν θα πρέπει να τον βάζει στη διαδικασία να ψάχνει σε πολλές καρτέλες για να βρει μια από τις λειτουργίες της συσκευής.
- **Θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα χρονοπρογραμματισμού της εφαρμογής καθώς και η δυνατότητα εισόδου αυτής σε κατάσταση «αποσύνδεσης».** Ο χρήστης θα πρέπει να είναι σε θέση να εκκινήσει ή να σταματήσει τη συσκευή όποτε αυτός επιθυμεί. Επίσης είναι απαίτηση να μπορεί να καθορίζει αν η εκτέλεση της ενέργειας αυτής θα γίνεται κατ' επανάληψη, και να ορίζει το εν λόγω χρονικό διάστημα, ή αν μια εργασία θα εκτελείται μεμονωμένα.
- **Θα πρέπει να ενημερώνεται ο χρήστης σε περίπτωση εισβολής στο χώρο του.** Καθότι το σύστημα έχει δημιουργηθεί έχοντας ως κυρίαρχο στόχο την ασφάλεια ενός χώρου, θα πρέπει πέρα από τη δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου να υπάρχει και επικοινωνία μεταξύ του συστήματος και το χρήστη. Η επικοινωνία αυτή επιτυγχάνεται μέσα από την αποστολή e-mail στους χρήστες τους οποίους έχει επιλέξει ο διαχειριστής να ενημερώνονται. Σε περιπτώσεις εισβολής ενός ατόμου στο χώρο, το σύστημα θα πρέπει να στέλνει ένα e-mail που να ενημερώνει το χρήστη ότι κάποιος εισήρθε στο χώρο, αλλά να υπάρχει και το οπτικό υλικό (φωτογραφία) ώστε να μπορέσει ο χρήστης να αποφασίσει εάν ο εισβολέας αποτελεί ή όχι απειλή.

- **Θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής των υλικών στοιχείων που θα χρησιμοποιήσει ο χρήστης.** Επειδή η εκκίνηση της εφαρμογής γίνεται κυρίως μέσα από τον ιστοχώρο, θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει ποια κάμερα χρησιμοποιεί το σύστημά του. Σε περίπτωση επέκτασης του συστήματος και χρήσης διαφορετικών καμερών ανάλογα με το χώρο, ο χρήστης θα μπορεί να εκκινήσει διαφορετική κάμερα μέσα από την επιλογή αυτή. Τέλος, πέρα από την κάμερα, καλό θα ήταν να μπορεί να επιλεγεί η θύρα που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση με το Arduino UNO, καθώς ο χρήστης μπορεί να μην είναι σε θέση να το αλλάξει αυτό από τον κώδικα.

5.3 Μεθοδολογία σχεδιασμού βάσεων δεδομένων

Από την ανάλυση των απαιτήσεων του συστήματος που καθορίστηκαν παραπάνω εξάγονται τα δεδομένα για το σχεδιασμό της βάσης δεδομένων. Αρχικά δημιουργήθηκε ο πίνακας για τις λειτουργίες και τον τύπο των χρηστών. Ο πίνακας αυτός ονομάζεται “users” και έχει ως μεταβλητές όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την εγγραφή, την είσοδο και τον τύπο του κάθε χρήστη. Επίσης, έχει μια επιπλέον στήλη η οποία φέρει μια τιμή ανάλογα με το αν ο χρήστης θα πρέπει να ενημερωθεί με e-mail ή όχι.

Συμπληρωματικά και για την εκτέλεση της λειτουργίας ανάκτησης κωδικού πρόσβασης, έχει δημιουργηθεί ένας επιπλέον πίνακας με όνομα “recover_pass”. Ο πίνακας αυτός έχει ως στοιχεία του τη διεύθυνση e-mail του αιτούντος, καθώς και τον αριθμό αίτησης αλλαγής κωδικού. Ο αριθμός αυτός χρησιμοποιείται στην ταυτοποίηση των στοιχείων του χρήστη, ώστε να αποφευχθεί μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

Ακόμα, δημιουργήθηκε ο πίνακας που θα συλλέγει τις αιτήσεις για μελλοντική εκκίνηση ή παύση της συσκευής. Ο πίνακας αυτός ονομάζεται “schedule” και ως στοιχεία του φέρει τις ημερομηνίες και ώρες εκκίνησης και παύσης της συσκευής. Ακόμη, έχει στοιχεία και για την προσωρινή απενεργοποίηση του συστήματος.

Συνοψίζοντας, δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων με όνομα “**sgip**” η οποία αποτελείται από τους προαναφερθέντες τρεις πίνακες. Πιο αναλυτικά τα στοιχεία του αναφέρονται στις παρακάτω παραγράφους.

Η σύνδεση με τη βάση δεδομένων έχει υλοποιηθεί με τη χρήση PDO και γίνεται έλεγχος σε κάθε καταχώρηση για επιτρεπτούς χαρακτήρες ώστε να αποφευχθούν επιθέσεις SQL injection.

5.3.1 Πίνακας users

Ο Πίνακας 4 περιέχει τις πληροφορίες των εγγεγραμμένων στο σύστημα χρηστών.

#	Όνομα μεταβλητής	Τύπος	Σύνθεση	Ιδιότητες	Κενό	Προεπιλογή	Πρόσθετα
1	id	int(11)		unsigned	no	-	AUTO_INCREMENT
2	firstname	varchar(255)	utf16_unicode_ci	-	no	-	
3	lastname	varchar(255)	utf16_unicode_ci	-	no	-	
4	e-mail	varchar(64)	utf16_unicode_ci	-	no	-	
5	username	varchar(64)	utf16_unicode_ci	-	no	-	
6	password	varchar(64)	utf16_unicode_ci	-	no	-	
7	identity	tinyint(1)		unsigned	no	0	
8	sende-mail	tinyint(1)		unsigned	no	0	

Πίνακας 4: Πίνακας users. Στον πίνακα αυτό αποθηκεύονται οι χρήστες του συστήματος.

- **id:** είναι ο αναγνωριστικός αύξων αριθμός του χρήστη στον πίνακα και μοναδικός για κάθε εγγραφή. Το στοιχείο αυτό αποτελεί πρωτεύον κλειδί για τον πίνακα αυτό. Ο τύπος του επιλέχθηκε διότι ο αναγνωριστικός αριθμός είναι ακέραιος και αυξάνεται με κάθε εισαγωγή στοιχείου στη βάση. Επίσης, φέρει την ιδιότητα unsigned για να υπάρχει αυξημένο περιθώριο εισαγωγής χρηστών. Ο αριθμός 11 στην παρένθεση συμβολίζει το μέγιστο μήκος που θα λάβει ο αριθμός.

- **firstname:** είναι το όνομα του χρήστη. Ο τύπος varchar(255) χρησιμοποιείται επειδή δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός στο επώνυμο ή το όνομα του χρήστη.
- **lastname:** είναι το επίθετο του χρήστη. Η ίδια λογική για την επιλογή τύπου ακολουθήθηκε και στην παρούσα μεταβλητή.
- **e-mail:** η διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του χρήστη. Ο τύπος varchar(64) χρησιμοποιείται για να καλύψει το μέγιστο δυνατό όριο χαρακτήρων που μπορεί να έχει μια διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
- **username:** είναι το αναγνωριστικό όνομα του χρήστη για τη σύνδεσή του στην ιστοσελίδα. Είναι διαφορετικό για κάθε χρήστη και μοναδικό στοιχείο. Ο τύπος του varchar(64) επιλέχθηκε καθώς το όνομα πρέπει να περιορίζεται στους εξήντα-τέσσερις (64) χαρακτήρες.
- **password:** ο κωδικός του χρήστη για την είσοδό του στη σελίδα. Ο τύπος varchar(64) χρησιμοποιείται επειδή ο κωδικός που αποθηκεύεται στη βάση είναι επεξεργασμένος από κατάλληλη συνάρτηση κατακερματισμού (md5). Δεν δόθηκε μεγαλύτερο όριο (μεγαλύτερο του 64) καθώς δεν ήταν επιθυμητή η παραγωγή ενός μεγάλου σε μήκος αλφαριθμητικού.
- **identity:** η ταυτότητα του χρήστη, εάν είναι admin ή user. Παίρνει δύο τιμές, 0 σε περίπτωση που ο χρήστης είναι user και 1 εάν ο χρήστης έχει δικαιώματα διαχειριστή (admin). Ο τύπος επιλέχθηκε γιατί είναι ο μικρότερος τύπος ακεραίου σε μέγεθος.
- **sende-mail:** δείχνει εάν ο χρήστης είναι επιλεγμένος να λαμβάνει mail ενημερωτικά ή όχι. Οι τιμές που παίρνει το πεδίο αυτό είναι 0 σε περίπτωση που ο χρήστης δεν θα λαμβάνει e-mail και 1 σε αντίθετη περίπτωση. Ο τύπος επιλέχθηκε με την ίδια λογική όπως στο πεδίο identity

.

5.3.2 Πίνακας schedule

Ο Πίνακας 5 περιλαμβάνει τις προγραμματισμένες ενέργειες του συστήματος, όπως άνοιγμα, κλείσιμο και αναμονή.

#	Όνομα μεταβλητής	Τύπος	Σύνθεση	Ιδιότητες	Κενό	Προεπιλογή	Πρόσθετα
1	id	int(11)		unsigned	no	-	AUTO_INCREMENT
2	iodevice	int(4)		unsigned	No	-	
3	startdate	varchar(11)	utf16_unicode_ci	-	No	-	
4	starttime	varchar(11)	utf16_unicode_ci	-	No	-	
5	enddate	varchar(11)	utf16_unicode_ci	-	No	-	
6	endtime	varchar(11)	utf16_unicode_ci	-	no	-	

Πίνακας 5: Πίνακας schedule. Στον πίνακα αυτό αποθηκεύονται οι ημερομηνίες και οι ώρες του χρονοπρογραμματισμού έναρξης και λήξης του συστήματος.

- **id:** είναι ο αναγνωριστικός αύξων αριθμός των ενεργών προγραμμάτων στον πίνακα και μοναδικός για κάθε εγγραφή. Το στοιχείο αυτό αποτελεί πρωτεύον κλειδί για τον πίνακα αυτό. Ο τύπος του επιλέχθηκε διότι ο αναγνωριστικός αριθμός είναι ακέραιος και αυξάνεται με κάθε εισαγωγή στοιχείου στη βάση. Επίσης, φέρει την ιδιότητα unsigned για να υπάρχει αυξημένο περιθώριο εισαγωγής χρηστών. Ο αριθμός έντεκα (11) στην παρένθεση συμβολίζει το μέγιστο μήκος που θα λάβει ο αριθμός.
- **iodevice:** είναι η τιμή που δείχνει εάν μια συσκευή είναι ανοιχτή ή όχι. Το πεδίο αυτό παίρνει τρεις τιμές, 0 εάν η συσκευή πρέπει να λειτουργήσει αλλά η ημερομηνία έναρξης του προγράμματος δεν είναι η σημερινή, 1 εάν η συσκευή λειτουργεί, 2 εάν το πρόγραμμα έχει τερματίσει.
- **startdate:** είναι η ημερομηνία έναρξης του προγράμματος. Το πεδίο αυτό είναι τύπου varchar και όχι date καθώς η ημερομηνία πρέπει να αποθηκεύεται με ένα συγκεκριμένο μοτίβο. Το μέγιστο μήκος του πεδίου είναι έντεκα (11) καθώς η ημερομηνία είναι ένα πεδίο με συγκεκριμένο μέγιστο αριθμό χαρακτήρων.
- **starttime:** είναι η ώρα έναρξης του προγράμματος. Η λογική επιλογής του τύπου του πεδίου είναι ίδια με παραπάνω. Στην περίπτωση αυτή το μέγιστο μήκος πεδίου είναι έντεκα (11), γιατί μπορεί σε μελλοντική επέκταση της συσκευής να αποθηκεύονται και τα δευτερόλεπτα.

- **enddate:** είναι η προκαθορισμένη ημερομηνία που θα σταματήσει η συσκευή. Σε περιπτώσεις όπου η συσκευή ανοίξει από το χρήστη και όχι από κάποια προγραμματισμένη ενέργεια, το πεδίο αυτό παραμένει κενό. Τα χαρακτηριστικά του πεδίου είναι ίδια σε λογική με τα παραπάνω πεδία.
- **endtime:** είναι η προκαθορισμένη ώρα για να σταματήσει η εφαρμογή. Εάν η εφαρμογή ξεκινήσει με επιλογή του χρήστη και όχι από προγραμματισμό, τότε παραμένει και αυτό το πεδίο κενό.

5.3.3 Πίνακας recover_pass

Ο Πίνακας 6 χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που κάποιος χρήστης έχει ξεχάσει τον κωδικό του. Στον πίνακα αυτό αποθηκεύεται το e-mail και ένας τυχαίος αριθμός που παράγεται από το σύστημα και αντιστοιχεί στον χρήστη που ζήτησε αλλαγή κωδικού.

Ο κωδικός αυτός χρησιμοποιείται κατά την επαλήθευση των στοιχείων στη σελίδα που θα εισάγει ο χρήστης το νέο του κωδικό. Σε περίπτωση που ο κωδικός αυτός δεν ταιριάζει με τα στοιχεία του χρήστη, τότε δεν γίνεται καμία ανανέωση στη βάση δεδομένων και ο χρήστης πρέπει να επικοινωνήσει με το διαχειριστή του συστήματος για την αλλαγή κωδικού εισόδου.

#	Όνομα μεταβλητής	Τύπος	Σύνθεση	Ιδιότητες	Κενό	Προεπιλογή	Πρόσθετα
1	id	int(11)	-	unsigned	no	-	AUTO_INCREMENT
2	e-mail	varchar(64)	utf16_unicode_ci	-	no	-	
3	randomno	int(65)	-	unsigned	no	-	

Πίνακας 6: Πίνακας recover_pass. Στον πίνακα αυτό αποθηκεύεται το e-mail του ατόμου που έχει ζητήσει αλλαγή κωδικού και ο τυχαίος αριθμός που του έχει σταλεί στο e-mail επιβεβαίωσης. Για να γίνει η αλλαγή του κωδικού, πρέπει το e-mail του χρήστη να ταυτίζεται με τον τυχαίο αριθμό που του αντιστοιχεί στον πίνακα αυτό.

- **id:** είναι ο αναγνωριστικός αύξων αριθμός των ενεργών προγραμμάτων στον πίνακα και μοναδικός για κάθε εγγραφή. Το στοιχείο αυτό αποτελεί πρωτεύον κλειδί για τον πίνακα αυτό. Ο τύπος του επιλέχθηκε διότι ο αναγνωριστικός αριθμός είναι ακέραιος και αυξάνεται με κάθε εισαγωγή στοιχείου στη βάση. Επίσης, φέρει την ιδιότητα unsigned για να υπάρχει αυξημένο περιθώριο εισαγωγής χρηστών. Ο αριθμός 11 στην παρένθεση συμβολίζει το μέγιστο μήκος που θα λάβει ο αριθμός.
- **e-mail:** η διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του χρήστη. Ο τύπος varchar(64) χρησιμοποιείται για να καλύψει το μέγιστο δυνατό όριο χαρακτήρων που μπορεί να έχει μια διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
- **randomno:** είναι ο τυχαίος αριθμός που παράγεται από το σύστημα και αντιστοιχεί σε μια αίτηση για αλλαγή κωδικού. Ο κωδικός αυτός είναι μοναδικός για κάθε χρήστη. Το μέγεθος της μεταβλητής (65) ορίστηκε ως μέση τιμή για να μην προκύπτουν πολύ μεγάλοι αριθμοί για την ταυτοποίηση του χρήστη.

5.4 Λειτουργίες ιστοσελίδας

Μετά την παρουσίαση της βάσης δεδομένων, σειρά έχει η ανάπτυξη των λειτουργιών του ιστοχώρου. Ο διαχωρισμός των λειτουργιών στις καρτέλες που ακολουθούν είχε ως στόχο την ομαδοποίηση συναφών χαρακτηριστικών ώστε να μην είναι δύσχρηστη η σελίδα και δύσκολη η περιήγηση του χρήστη.

Η διάρθρωση της παραγράφου που ακολουθεί είναι η εξής:

- Λειτουργίες χρήστη.
- Ενέργειες διαχειριστή.
- Λειτουργίες σελίδας εισόδου.
- Λειτουργίες Αρχικής σελίδας.
- Λειτουργίες καρτέλας Streaming.
- Λειτουργίες Διαχείρισης Συσκευής.
- Λειτουργίες Διαχείρισης Χρηστών.
- Λειτουργίες Αρχείου.
- Προγραμματισμένες εργασίες.

5.4.1 Λειτουργίες χρήστη

Η ιστοσελίδα παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να αποκτά πρόσβαση σε λειτουργίες που αφορούν τα στοιχεία του και την αυθεντικοποίησή του, την ενημέρωσή του σχετικά με την κατάσταση του χώρου καθώς και η αναζήτηση παλαιότερων αρχείων φωτογραφιών στη βάση δεδομένων.

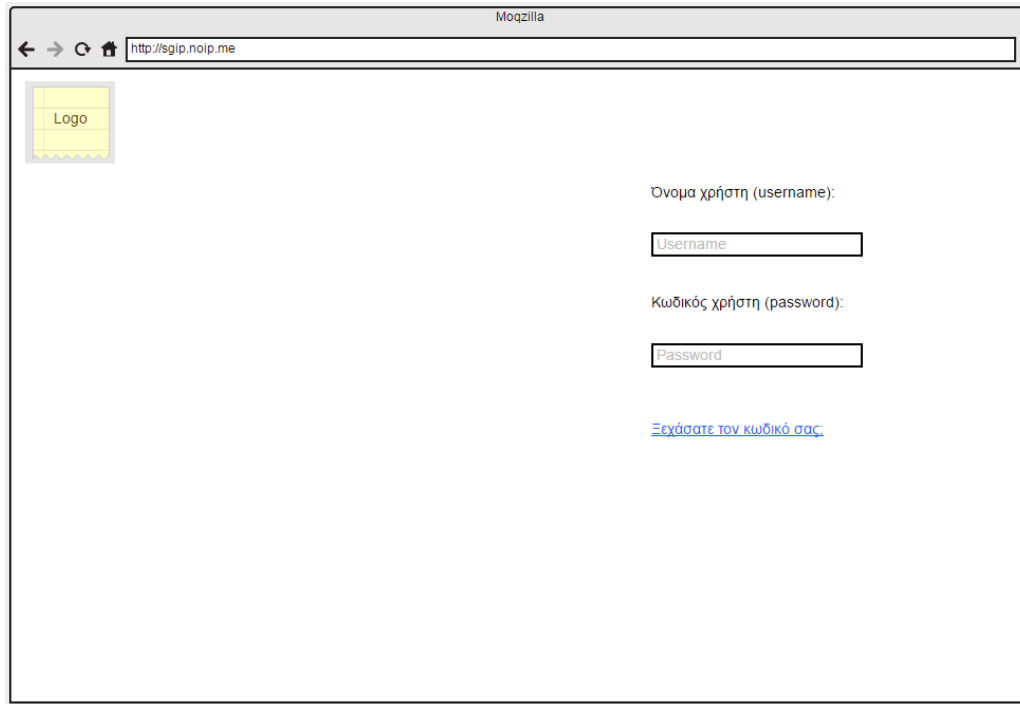
Συγκεκριμένα παρέχονται στο χρήστη οι κάτωθι λειτουργίες:

- Αλλαγή κωδικού πρόσβασης.
- Live-streaming.
- Αρχείο καταγραφής φωτογραφιών.

Οι λειτουργίες αυτές αναφέρονται αναλυτικά σε παρακάτω υποενότητες. Οι τρεις καρτέλες αυτές είναι κοινές και για το διαχειριστή αλλά και τον απλό χρήστη.

Για να αποκτήσει ο χρήστης πρόσβαση στις λειτουργίες αυτές, θα πρέπει να έχει πιστοποιηθεί η είσοδός του στο σύστημα. Όσον αφορά την ενημέρωσή του σχετικά με την κατάσταση του χώρου, είναι ένα χαρακτηριστικό που το διαχειρίζεται αποκλειστικά ο διαχειριστής και ο χρήστης δεν έχει περαιτέρω πρόσβαση σε αυτό. Στην Εικόνα 55 παρουσιάζεται ένα mockup της αρχικής σελίδας όπου ζητούνται τα στοιχεία πιστοποίησης του χρήστη, ώστε να γίνει η είσοδος του στη σελίδα και να επιλεγεί το κατάλληλο μενού επιλογών.

Ο λόγος για τον οποίο έχουν δοθεί πενιχρά δικαιώματα στον απλό χρήστη είναι καθαρά για λόγους ασφαλείας. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν αρκετοί άνθρωποι υπεύθυνοι για έναν χώρο φύλαξης, δεν θα μπορεί καθένας να διαχειρίζεται γενικότερα δεδομένα ή να εισάγει και να αφαιρεί φωτογραφίες κατά βούληση χωρίς να περάσουν από τον απαραίτητο έλεγχο. Επομένως, όλες οι αρμοδιότητες του συστήματος αλλά και του ελέγχου των χρηστών έχουν μετατεθεί στο διαχειριστή, όπως αναλύεται και παρακάτω.



Εικόνα 55: Στο παραπάνω mockup απεικονίζεται η αρχική σελίδα κατά την οποία γίνεται η πιστοποίηση του χρήστη. Εάν ο χρήστης εισέλθει στο σύστημα ως διαχειριστής, τότε θα μεταφερθεί στον ανάλογο πίνακα ελέγχου της σελίδας, καθώς ο διαχειριστής έχει διαφορετικά δικαιώματα και επιλογές από τον απλό χρήστη.

5.4.2 Ενέργειες διαχειριστή

Ο διαχειριστής του συστήματος ή κάποιος χρήστης με δικαιώματα διαχειριστή, έχουν πλήρη δικαιώματα ελέγχου τόσο του συστήματος όσο και της επεξεργασίας των στοιχείων των χρηστών. Κατά την είσοδό τους στο σύστημα ανακτάται, μετά την επαλήθευση των στοιχείων, ο τύπος του χρήστη. Σε περίπτωση που ακόμη κι ένας απλός χρήστης φέρει τύπο διαχειριστή, τότε εισέρχεται στη σελίδα ελέγχου της συσκευής.

Ο διαχειριστής έχει τις εξής επιπλέον λειτουργίες:

- Διαχείριση συσκευής

Η διαχείριση της συσκευής αφορά καθαρά την ενεργοποίηση και την απενεργοποίηση της, καθώς και στοιχεία που αφορούν την εκκίνηση ολόκληρου του συστήματος. Τέτοιες αρμοδιότητες δεν μπορούν να δοθούν σε έναν απλό χρήστη, καθώς έτσι υπάρχει η

πιθανότητα να γίνεται ανεξέλεγκτη λειτουργία του συστήματος ή σκόπιμη απενεργοποίησή του. Το σύστημα έχει υλοποιηθεί για λόγους ασφαλείας, επομένως δεν θα ήταν φρόνιμο να μπορεί να το λειτουργήσει ο καθένας που εισέρχεται στο χώρο, κατά βούληση.

Οι ενέργειες που μπορούν να γίνουν είναι οι :

- Ενεργοποίηση - απενεργοποίηση της συσκευής ετεροχρονισμένη ή μη και επιλογή κάμερας και θύρας Arduino.
- Χρονοπρογραμματισμός της συσκευής και προσωρινή απενεργοποίηση αυτής.
- Εκτέλεση λοιπών διαδικασιών που αφορούν μελλοντική επέκταση της σελίδας.

Όλα τα παραπάνω, βρίσκονται στην καρτέλα «Διαχείριση συσκευών» και αναλύονται παρακάτω λεπτομερώς.

- Διαχείριση χρηστών

Στο διαχειριστή δίνεται η δυνατότητα να εισάγει έναν νέο χρήστη, να επεξεργαστεί τα στοιχεία και τις φωτογραφίες όποιου χρήστη επιθυμεί, να προβιβάζει ή να υποβιβάζει κάποιον από admin σε απλό χρήστη, ακόμη και να διαγράφει τους χρήστες που δεν πρέπει να υπάρχουν στο σύστημα. Ο διαχειριστής είναι υπεύθυνος για τις φωτογραφίες που θα ανέβουν στο σύστημα και θα χρησιμοποιηθούν στην αναγνώριση. Για το λόγο αυτό έχει τη δυνατότητα να εισάγει και να διαγράψει τις φωτογραφίες που πιστεύει ότι δυσχεράνουν την αναγνώριση.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα του διαχειριστή έναντι του απλού χρήστη είναι η επιλογή των ατόμων που θα λαμβάνουν ενημερωτικά e-mail, μέσα από τη λίστα χρηστών. Αυτό βοηθά σε περιπτώσεις όπου πρέπει παραπάνω από ένα άτομα να ενημερώνονται για την κατάσταση του χώρου φύλαξης. Η επιλογή των ατόμων είναι ανεξάρτητη και δεν συνδέεται σε καμία περίπτωση με το αν ένας χρήστης έχει δικαιώματα admin ή user.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν από κάθε ενέργεια, όπως η αλλαγή τύπου ενός χρήστη ή η επιλογή της αποστολής e-mail, εκτελούνται οι απαραίτητοι έλεγχοι ώστε να υπάρχει πάντα ένας διαχειριστής του συστήματος και ένας χρήστης ο οποίος να ενημερώνεται για την κατάσταση του χώρου.

Αναλυτικότερα παρουσιάζονται οι παραπάνω λειτουργίες, μέσα από εικόνες στις επόμενες υποενότητες.

5.4.3 Λειτουργίες σελίδας εισόδου

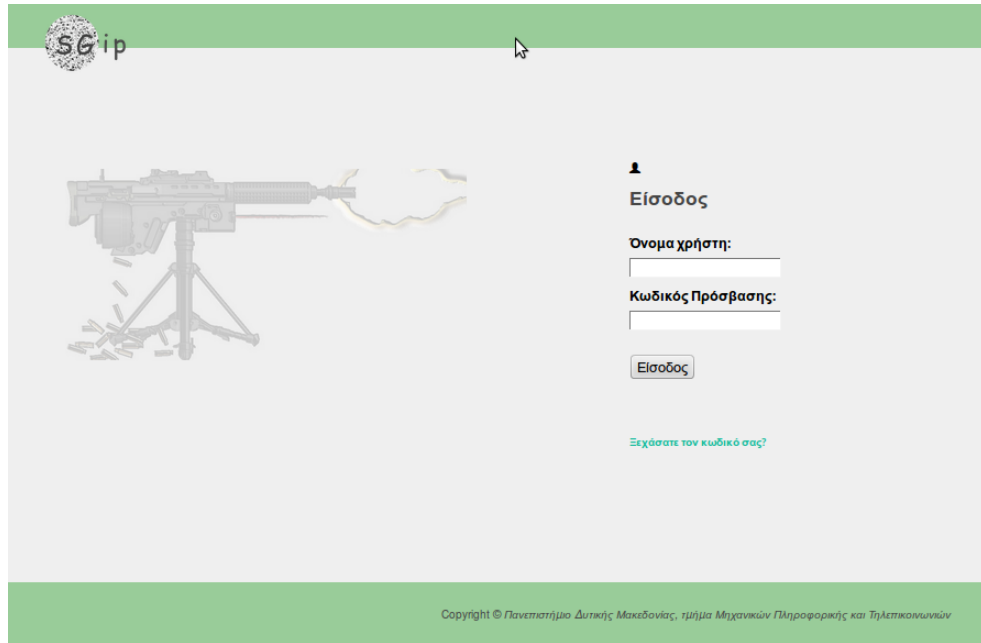
Η αρχική σελίδα (Εικόνα 56) δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να κάνει είσοδο στο σύστημα με τα στοιχεία, όνομα και κωδικός χρήστη, που έχει επιλέξει. Γίνεται έλεγχος σχετικά με τα στοιχεία που έχει εισάγει ο χρήστης. Ανάλογα με τα δικαιώματα που έχει και εφόσον έχει γίνει σωστά η είσοδος στο σύστημα, επιλέγεται το κατάλληλο μενού λειτουργίας.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως αν κάποιος χρήστης επιχειρήσει να αποκτήσει πρόσβαση σε σελίδα που απαιτεί σύνδεση, το σύστημα θα τον ανακατευθύνει στη σελίδα εισόδου.

Εάν ο χρήστης εισάγει λανθασμένα στοιχεία, τότε το σύστημα τον επαναφέρει στην αρχική σελίδα και τον προτρέπει να εισάγει και πάλι τα στοιχεία του. Σε περίπτωση που ο χρήστης έχει ξεχάσει τον κωδικό εισόδου, τότε μπορεί να πατήσει στο κουμπί «Ξεχάσατε τον κωδικό σας;» και στην εικόνα που εμφανίζεται (Εικόνα 57) να συμπληρώσει τα στοιχεία του για να γίνει η αλλαγή του κωδικού.

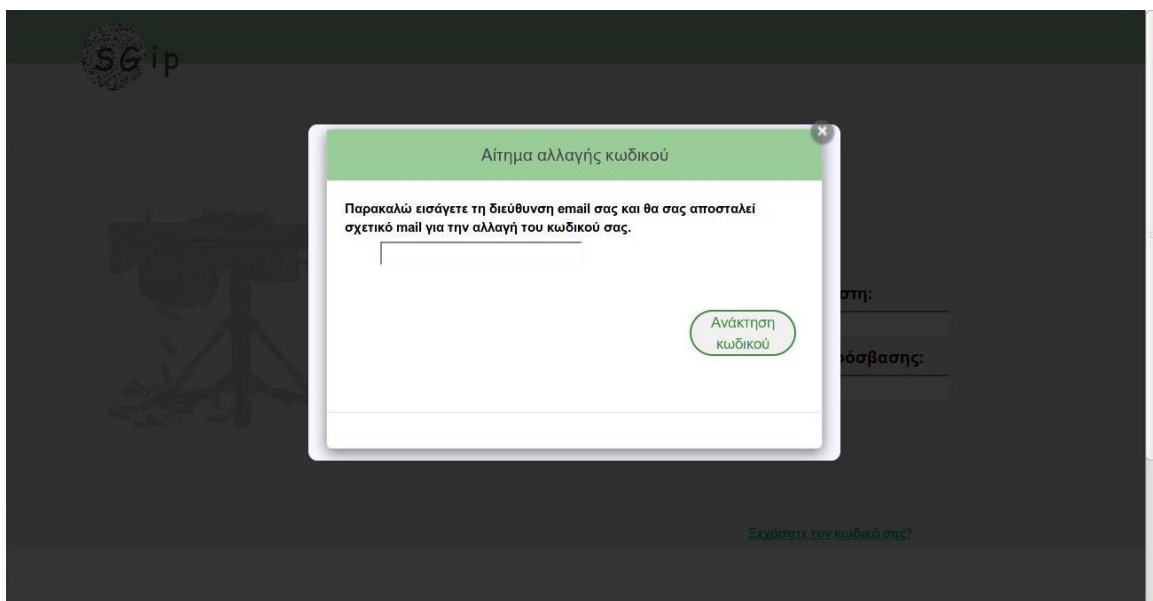
Εφόσον ο χρήστης συμπληρώσει το e-mail του και πατήσει το κουμπί για την ανάκτηση κωδικού, τότε αποστέλλεται ένα e-mail το οποίο ενημερώνει το χρήστη για το αίτημα αλλαγής. Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος για την ορθότητα της διεύθυνσης καθώς και για το αν αυτή υπάρχει στη βάση δεδομένων. Εάν δεν υπάρχει, ή αν έχει εισαχθεί μη ορθή διεύθυνση ο χρήστης ενημερώνεται με κατάλληλο μήνυμα λάθους.

Εάν δε βρεθούν παρατυπίες και η διεύθυνση υπάρχει στη βάση τότε αποστέλλεται μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για την ανάκτηση του κωδικού πρόσβασης. Στο e-mail υπάρχει και ο σύνδεσμος που θα πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης με στόχο την αλλαγή του κωδικού.



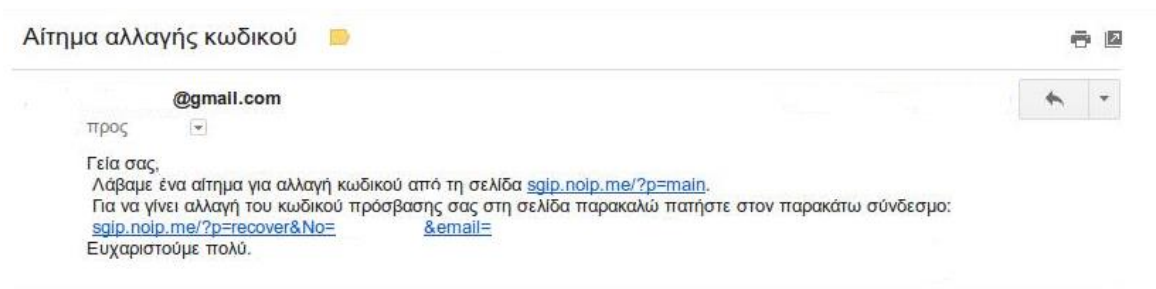
Εικόνα 56: Αρχική σελίδα ιστοχώρου. Η είσοδος του χρήστη γίνεται με το όνομα χρήστη και τον κωδικό που έχει επιλέξει.

Με κάθε επαλήθευση στοιχείων εμφανίζεται, μέσω JavaScript, σχετικό μήνυμα με στόχο την ενημέρωση του χρήστη σχετικά με το αν είναι επιτυχημένη ή αποτυχημένη η αποστολή των στοιχείων του και η εισαγωγή του στη σελίδα.



Εικόνα 57: Αίτημα αλλαγής κωδικού. Με την εισαγωγή του σωστού e-mail του χρήστη, γίνεται έλεγχος των στοιχείων στη βάση δεδομένων σχετικά με το αν υπάρχει το e-mail σε κάποια εγγραφή ή όχι.

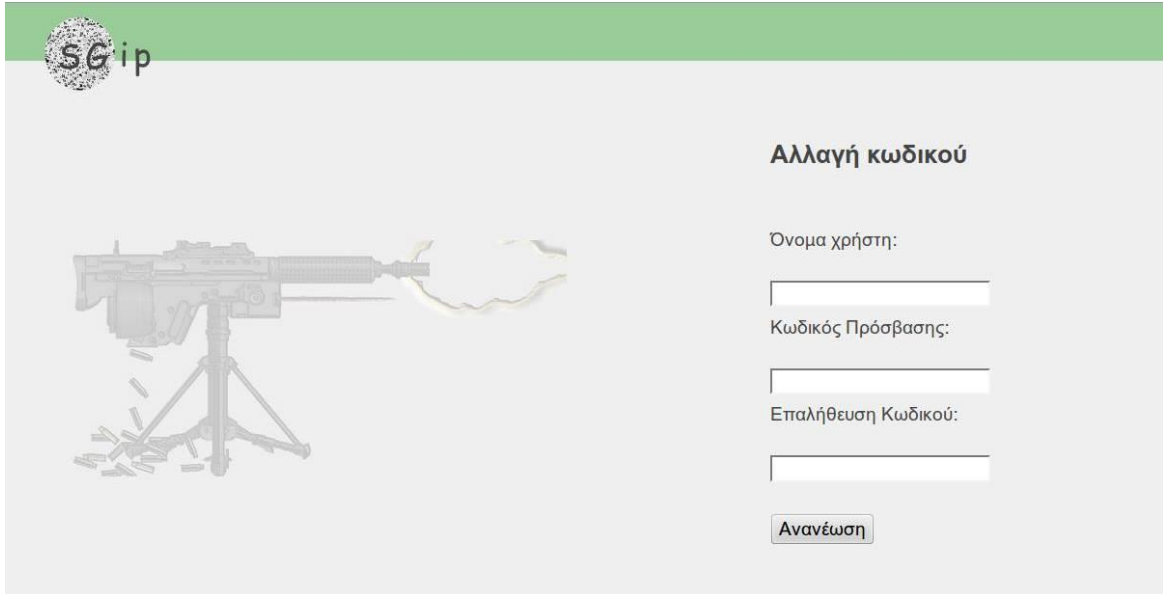
Στην Εικόνα 58 παρατίθεται το e-mail το οποίο στέλνεται στον χρήστη που έχει αιτηθεί αλλαγή κωδικού. Στο μήνυμα αυτό επισυνάπτεται ο σύνδεσμος της σελίδας στην οποία καλείται να μεταβεί ο χρήστης για να γίνει εισάγει το νέο κωδικό του. Ο σύνδεσμος, πέρα από το domain name της σελίδας, φέρει και τη διεύθυνση e-mail του χρήστη καθώς και τον τυχαίο αριθμό που παρήγαγε το σύστημα κατά την αίτηση αλλαγής κωδικού. Τα στοιχεία αυτά βοηθούν στην επικύρωση του χρήστη κατά τη μετάβασή του στη σελίδα αλλαγής κωδικού.



Εικόνα 58: Αυτό είναι το E-mail που στέλνεται στο χρήστη που αιτήθηκε αλλαγή κωδικού. Η σελίδα που επισυνάπτεται θα ανακατευθύνει το χρήστη σε μια νέα σελίδα η οποία εμφανίζεται στην παρακάτω **Εικόνα 59**.

Στην Εικόνα 59 παρουσιάζεται η σελίδα που έχει δημιουργηθεί για την αλλαγή του κωδικού. Κατά τη μετάβαση του χρήστη στη σελίδα αυτή γίνεται ο απαραίτητος έλεγχος αρχικά στη διεύθυνση της σελίδας. Εάν στη διεύθυνση της σελίδας υπάρχει λανθασμένο τουλάχιστον ένα στοιχείο (η διεύθυνση e-mail ή ο τυχαίος αριθμός), τότε η σελίδα παράγει το κατάλληλο μήνυμα και αποτρέπεται η φόρτωσή της. Σε αντίθετη περίπτωση ο χρήστης μπορεί να κάνει την αλλαγή του κωδικού του, με σωστά στοιχεία εισαγωγής, χωρίς κανένα πρόβλημα.

Κατά την αλλαγή κωδικού, και εφόσον ο χρήστης συμπληρώσει τα στοιχεία που απαιτούνται και γίνει η ταυτοποίηση, τότε ενημερώνεται η βάση δεδομένων. Σε περίπτωση που ο χρήστης ξεχάσει το username που χρησιμοποιεί για τη σελίδα, τότε πρέπει να επικοινωνήσει με το διαχειριστή του συστήματος. Δεν μπορεί να γίνει αλλαγή του username για λόγους ασφαλείας.



Εικόνα 59: Σελίδα αλλαγής κωδικού. Στη διεύθυνση της σελίδας αυτής εμφανίζεται η διεύθυνση e-mail του χρήστη και ο τυχαίος αριθμός που αντιστοιχεί στη διεύθυνση αυτή. Εάν κάποια από τις δύο παραπάνω παραμέτρους δεν είναι σωστή (έλεγχος κατά τη φόρτωση), τότε δεν φορτώνεται καθόλου η σελίδα.

5.4.4 Λειτουργίες αρχικής σελίδας

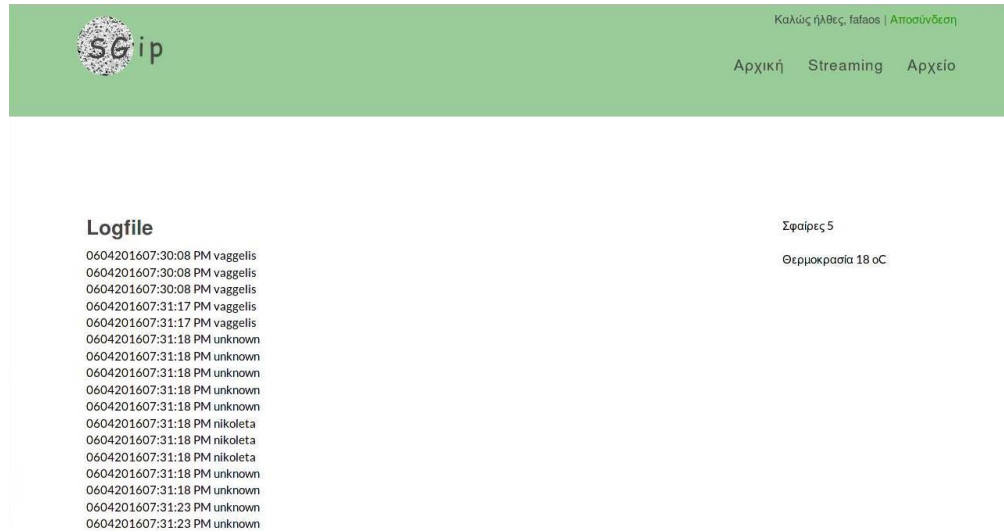
Η αρχική σελίδα έχει κοινές λειτουργίες τόσο για τον απλό χρήστη, όσο και για το διαχειριστή. Εδώ μπορεί να γίνει ο απαραίτητος έλεγχος στο αρχείο του logfile σχετικά με την ώρα, την ημερομηνία και το πρόσωπο που εισήλθε στο χώρο. Σε μελλοντική επέκταση του συστήματος, προτείνεται να υπάρχει και ένας αισθητήρας θερμοκρασίας που να μετρά τη θερμοκρασία του χώρου στον οποίο βρίσκεται η συσκευή και να την προβάλλει στη σελίδα.

Στην Εικόνα 60 και Εικόνα 61 φαίνεται τόσο η καρτέλα με το μενού που αφορά το διαχειριστή, όσο και η καρτέλα του χρήστη.



(β)

Εικόνα 60: (α) Αρχική σελίδα διαχειριστή (administrator). Στη σελίδα αυτή παρουσιάζεται το αρχείο με τα στοιχεία αναγνώρισης τα οποία έχουν παραχθεί από το αντίστοιχο λογισμικό αναγνώρισης. Ακόμη, σε μελλοντική επέκταση θα υπάρχει και αισθητήρας θερμοκρασίας. (β) Λόγω αυξημένου μεγέθους του Logfile, έχει εισαχθεί ο κατάλληλος κώδικας (pagination) ώστε να χωρίζονται τα αποτελέσματα σε σελίδες. Με τη βοήθεια του κώδικα αυτού είναι πιο εύκολη η αναζήτηση αποτελεσμάτων στο Logfile. Το ίδιο συμβαίνει και στη σελίδα του απλού χρήστη.



Εικόνα 61: Αρχική σελίδα κατά την είσοδο ενός απλού χρήστη. Το Logfile παραμένει ίδιο, όπως στη σελίδα του διαχειριστή.

5.4.5 Λειτουργίες καρτέλας Streaming

Στην καρτέλα αυτή μπορεί ο χρήστης να ελέγξει το χώρο του ανά πάσα ώρα και στιγμή ώστε να δει ζωντανά (live-streaming) τι γίνεται. Βέβαια η εικόνα δεν ανεβαίνει στη σελίδα αμέσως, καθώς αντιμετωπίζει μια ελάχιστη καθυστέρηση.

Η καρτέλα αυτή είναι κοινή και για το χρήστη και για το διαχειριστή. Το mockup της σελίδας αυτής βρίσκεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'.

5.4.6 Λειτουργίες διαχείρισης συσκευής

Μέσα από την καρτέλα «Διαχείριση συσκευής», μπορεί ο διαχειριστής να εκτελέσει μια από τις παρακάτω ενέργειες:

- Ενεργοποίηση - απενεργοποίηση της συσκευής ετεροχρονισμένη ή μη και επιλογή κάμερας και θύρας Arduino.
- Χρονοπρογραμματισμός της συσκευής και προσωρινή απενεργοποίηση αυτής.
- Εκτέλεση λοιπών διαδικασιών που αφορούν μελλοντική επέκταση της σελίδας.

Πιο συγκεκριμένα, μέσα από την καρτέλα αυτή ο διαχειριστής μπορεί να επιλέξει τόσο το χρόνο λειτουργίας του συστήματος, όσο και τα μέσα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν, όπως κάμερες και Arduino. Αυτή η δυνατότητα έχει δοθεί καθώς το πρόγραμμα κρίθηκε απαραίτητο να έχει επεκτασιμότητα και να μπορεί να υποστηρίξει μελλοντικά περισσότερες από μια κάμερες. Πρόσθετα, οι θύρες για το Arduino ορισμένες φορές δεν είναι προκαθορισμένες και αν χρειαστεί να επέμβει ένας προγραμματιστής για την αλλαγή της λειτουργίας του προγράμματος, να μπορεί να επιλέξει τη θύρα επικοινωνίας μέσω της σελίδας. Σε περίπτωση όπου η θύρα δεν επιλεγεί από το χρήστη ή εάν η κάμερα στο σύστημα είναι μόνο μια, τότε δεν δίνεται καθόλου η επιλογή των παραπάνω κατά την έναρξη της εφαρμογής.

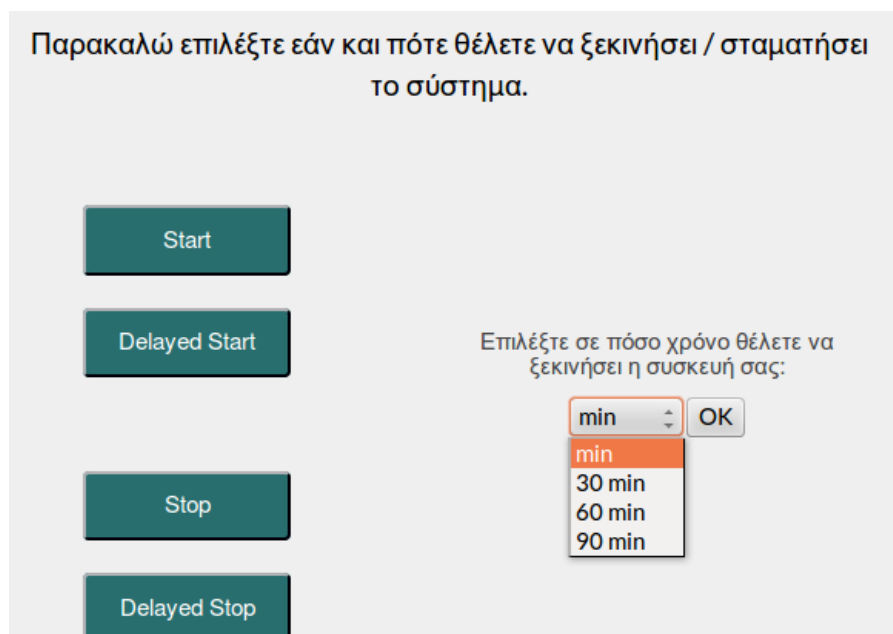
- Ενεργοποίηση - απενεργοποίηση της συσκευής, ετεροχρονισμένη ή μη, και επιλογή κάμερας και θύρας Arduino.

Αρχικά, στην Εικόνα 62 φαίνεται η σελίδα από την οποία θα επιλέξει ο χρήστης εάν θα ξεκινήσει άμεσα το σύστημά του ή όχι. Πατώντας το κουμπί “Start”, η εφαρμογή ξεκινά αμέσως. Με το πάτημα του κουμπιού “Delayed Start”, εμφανίζεται ένα μενού μέσα από το οποίο ο χρήστης επιλέγει εάν θέλει η εφαρμογή του να ξεκινήσει σε 30, 60 ή 90 λεπτά (Εικόνα 63). Την ίδια λογική ακολουθούν και τα κουμπιά “Stop” και “Delayed Stop”, μόνο που με την επιλογή τους, σταματά η εφαρμογή και κατ’ επέκταση ολόκληρο το σύστημα.

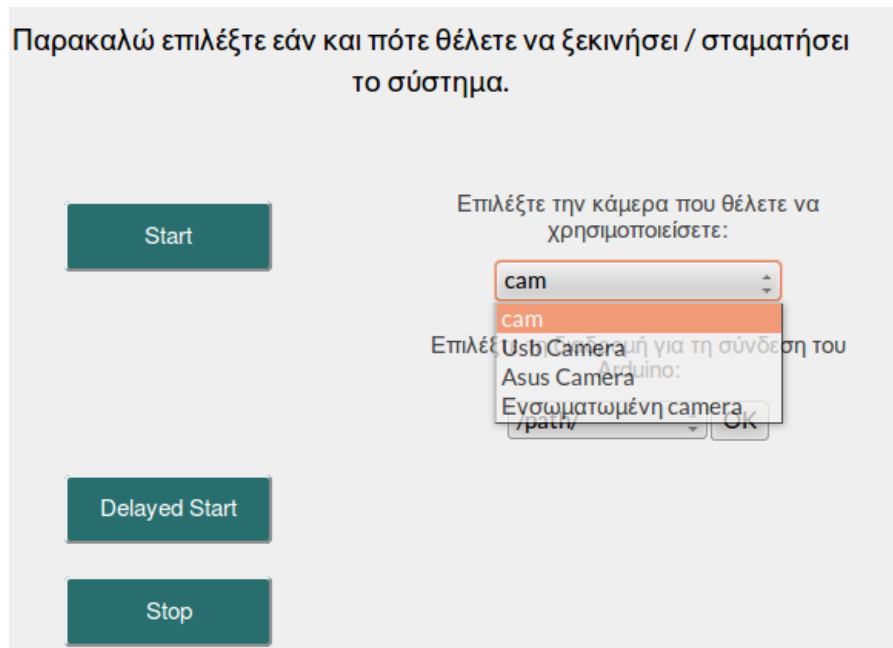
Όπως αναφέρεται και παραπάνω δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να επιλέξει ποια κάμερα θα χρησιμοποιήσει, όπως φαίνεται στην Εικόνα 64. Αυτό γίνεται μόνο εάν έχει γίνει αλλαγή σε καίριο σημείο του κώδικα της σελίδας, που να συμβολίζει τον αριθμό των καμερών που θα χρησιμοποιηθούν. Η προεπιλεγμένη τιμή είναι ένα (1).



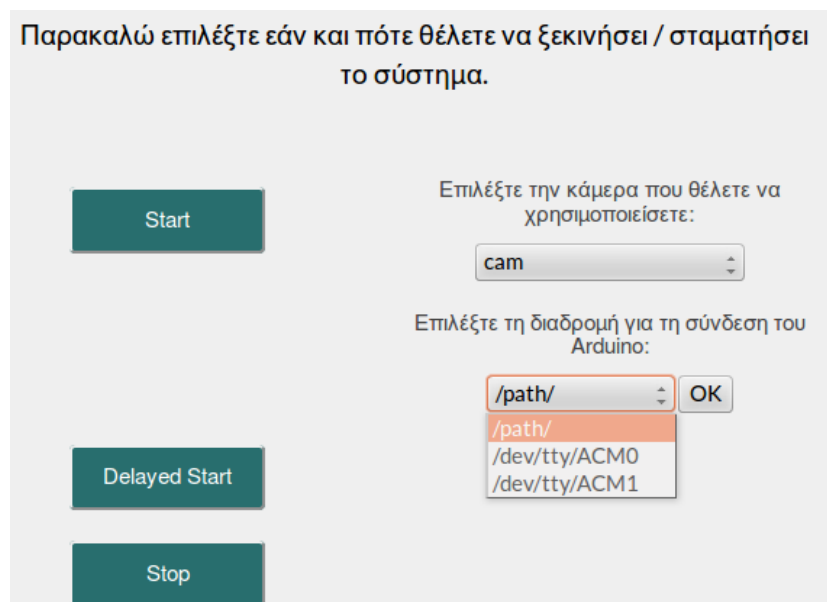
Εικόνα 62: Επιλογή ενεργοποίησης - απενεργοποίησης συστήματος.



Εικόνα 63: Επιλογή χρόνου για ετεροχρονισμένη ενεργοποίηση - απενεργοποίηση συστήματος. Η περίπτωση που απεικονίζεται παραπάνω, αφορά την περίπτωση χρήσης μιας μόνο κάμερας.



Εικόνα 64: Σε περίπτωση όπου υπάρχουν περισσότερες από μια κάμερες συνδεδεμένες με τον υπολογιστή, τότε ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποια κάμερα θέλει να ενεργοποιήσει. Στην απενεργοποίηση δεν συμβαίνει το ίδιο, καθώς η κάμερα που χρησιμοποιείται το λογισμικό κλείνει με τον τερματισμό της εφαρμογής.



Εικόνα 65: Επιλογή χρόνου για ετεροχρονισμένη ενεργοποίηση - απενεργοποίηση συστήματος με επιλογή θύρας για το Arduino. Η περίπτωση που απεικονίζεται παραπάνω, αφορά την περίπτωση χρήσης περισσότερων από μία καμερών.

- Χρονοπρογραμματισμός συσκευής και προσωρινή απενεργοποίηση

Στο σημείο αυτό ο διαχειριστής μπορεί να χρονοπρογραμματίσει το σύστημα να ενεργοποιείται και να απενεργοποιείται όποια ημέρα και ώρα επιλέξει. Ο μόνος περιορισμός που υπάρχει αφορά την περίοδο χρονοπρογραμματισμού η οποία δεν μπορεί να υπερβαίνει τη μία εβδομάδα (επτά ημέρες). Η υλοποίηση αυτού γίνεται με τη βοήθεια του JavaScript datepicker [26], όπως φαίνεται στην Εικόνα 66.

Ακόμη, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλεγεί την προσωρινή απενεργοποίηση του συστήματος για 30, 60 ή 90 λεπτά (Εικόνα 67). Τόσο ο χρονοπρογραμματισμός όσο και η προσωρινή απενεργοποίηση συνδέονται και αντλούν πληροφορίες από τη βάση δεδομένων μέσω του πίνακα “schedule”.

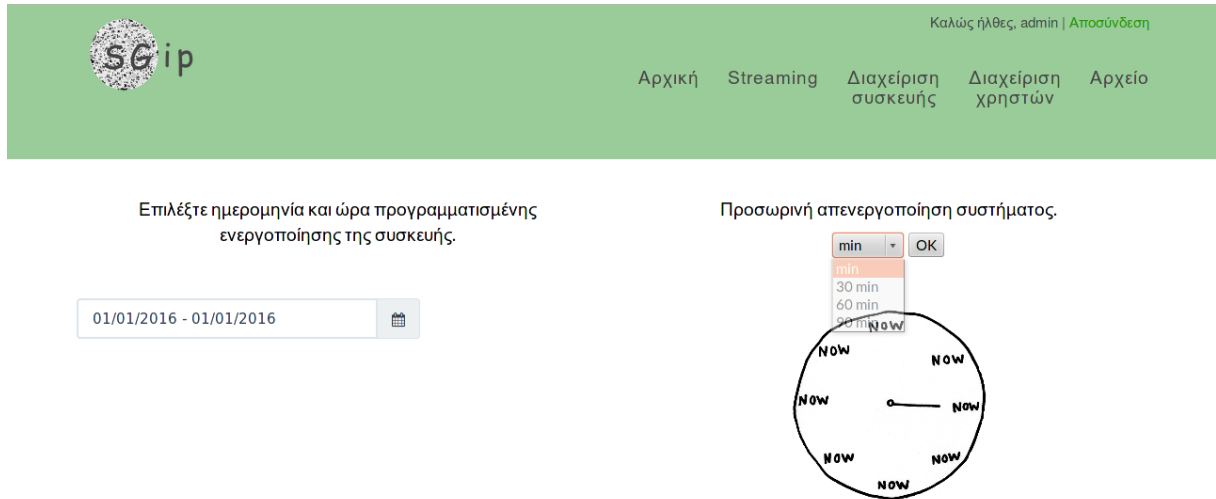
The screenshot shows the SGip web interface. At the top, there is a navigation bar with links: Αρχική, Streaming, Διαχείριση συσκευής, Διαχείριση χρηστών, and Αρχείο. The user is logged in as 'admin'.

The main content area has two sections:

- Επιλέξτε ημερομηνία και ώρα προγραμματισμένης ενεργοποίησης της συσκευής:** This section includes a date picker showing '01/01/2016 - 01/01/2016' and a time picker showing '01/01/2016' and '00:00'. There are buttons for 'Υποβολή' (Submit) and 'Ακύρωση' (Cancel).
- Προσωρινή απενεργοποίηση συστήματος:** This section includes a dropdown menu with 'min' selected and an 'OK' button. Below this is a circular clock face with 'NOW' labels at various points.

The date picker shows a calendar for January 2016. The selected date is January 1st, 2016.

Εικόνα 66: Χρονοπρογραμματισμός ενεργοποίησης - απενεργοποίησης συστήματος. Στο σημείο αυτό ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τόσο την ημερομηνία, όσο και την ώρα που θέλει να ενεργοποιηθεί / απενεργοποιηθεί το σύστημά του.

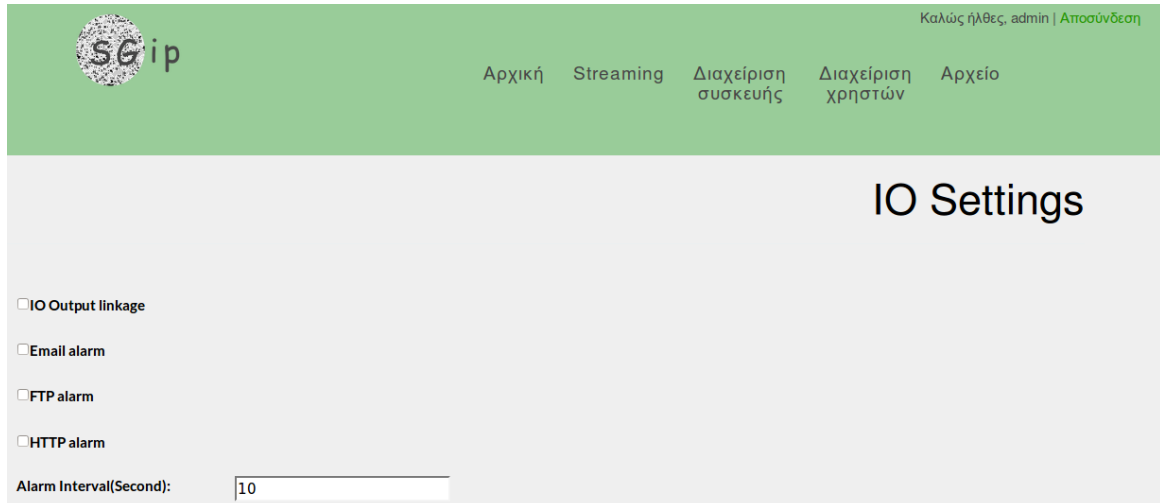


Εικόνα 67: Προσωρινή απενεργοποίηση συστήματος. Οι επιλογές που δίνονται στο χρήστη αφορούν την απενεργοποίηση του συστήματος για 30, 60 και 90 λεπτά. Μετά το πέρας του χρόνου αυτού το σύστημα ξεκινάει ξανά.

- Εκτέλεση λοιπών διαδικασιών που αφορούν μελλοντική επέκταση της σελίδας.

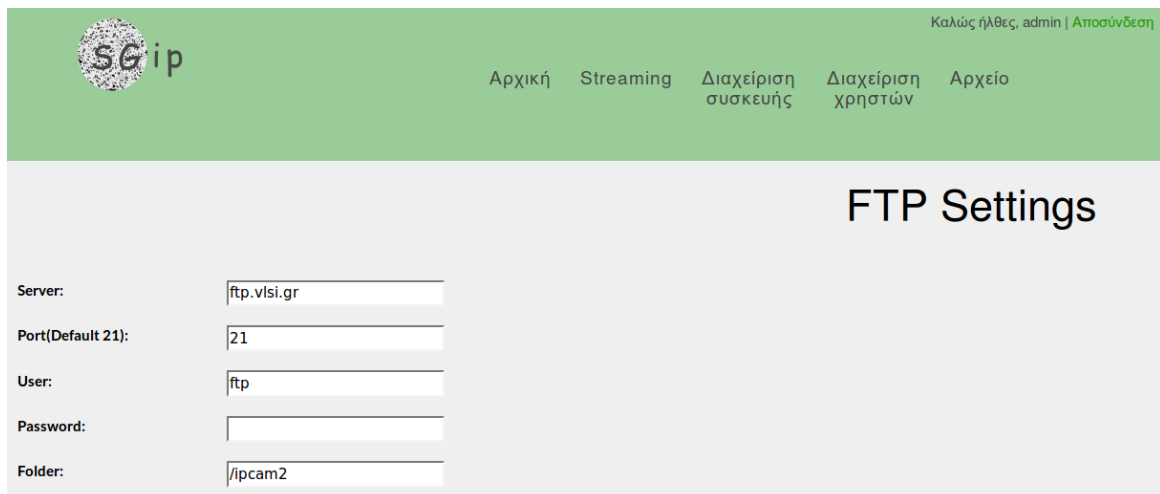
Οι διαδικασίες που παρουσιάζονται στην Εικόνα 68, έχουν υλοποιηθεί ήδη με στόχο τη μελλοντική επέκταση του συστήματος αφορούν την επικοινωνία του με κάποιο FTP Server, την αλλαγή της διεύθυνσης στην οποία θα μπορεί ένας χρήστης να παρακολουθεί απομακρυσμένα το χώρο του και τους τρόπους με τους οποίους θα ειδοποιεί το σύστημα το χρήστη.

Πιο συγκεκριμένα, η καρτέλα “IO settings” (Εικόνα 68) θα δίνει τη δυνατότητα στο διαχειριστή να επιλέξει τους τρόπους με τους οποίους θα θέλει να ενημερώνεται από το σύστημα (μέσω e-mail, Ftp ή Http). Ανάλογα με τις επιλογές του διαχειριστή θα γίνεται και η ενημέρωση των ατόμων που βρίσκονται στη λίστα ενημέρωσης σε περίπτωση εισβολής άγνωστου ατόμου. Ο διαχειριστής επίσης θα έχει το δικαίωμα να καθορίσει το χρονικό διάστημα μεταξύ των διαδοχικών ενημερώσεων (συναγεμιών).



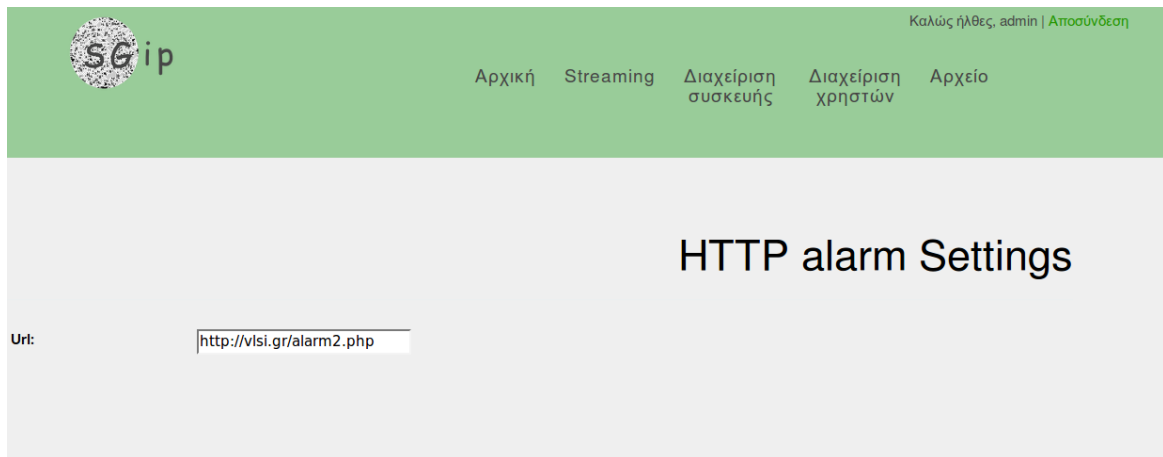
Εικόνα 68: Επιλογή τρόπου ενημέρωσης του χρήστη από το σύστημα.

Η καρτέλα “FTP Settings” (Εικόνα 69) αφορά την επιλογή των στοιχείων που θα έχει ο server. Στη σελίδα αυτή θα δίνεται επίσης και ο προορισμός στον οποίο θα αποθηκεύονται οι φωτογραφίες που ανεβαίνουν από το σύστημα. Προς το παρόν η σελίδα δεν ανταλλάζει πληροφορίες μέσω κάποιου server.



Εικόνα 69: Καρτέλα FTP Settings.

Στην τελευταία καρτέλα, την HTTP alarm Settings (Εικόνα 70), θα μπορεί ο χρήστης να επιλέξει τη σελίδα η οποία θα σηματοδοτεί το «συναγερμό» σε περίπτωση εισβολής κάποιου αγνώστου στο χώρο. Προς το παρόν ο μηχανισμός αυτός υλοποιείται διαφορετικά και ο τρόπος λειτουργίας του περιγράφεται στην παράγραφο «Προγραμματισμένες εργασίες».



Εικόνα 70: Καρτέλα HTTP Alarm Settings.

5.4.7 Λειτουργίες διαχείρισης χρηστών

Στην καρτέλα αυτή όπως έχει προαναφερθεί, ο διαχειριστής έχει τη δυνατότητα να:

- Εισάγει νέο χρήστη στο σύστημα.
- Ελέγχει και να ενημερώνει τα στοιχεία των χρηστών.
- Αλλάζει τα δικαιώματα ενός χρήστη, προβιβάζοντας ή υποβιβάζοντας τον.
- Διαγράφει έναν χρήστη.
- Ανεβάσει τις φωτογραφίες του κάθε χρήστη που είναι απαραίτητες για την αναγνώριση και να διαγράψει.
- Διαγράφει όσες φωτογραφίες δεν είναι απαραίτητες.
- Ενημερώνει τη λίστα των χρηστών που θα λαμβάνουν e-mail σχετικά με την κατάσταση του χώρου σε απλές περιπτώσεις ή σε περιπτώσεις που εισέλθει κάποιος εισβολέας.

Σε κάθε σημείο της σελίδας γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι ώστε να μην υπάρχει κάποιο πρόβλημα σχετικά με την είσοδο κάποιου μη πιστοποιημένου χρήστη. Περισσότερες πληροφορίες καθώς και εικόνες για κάθε σημείο δίνονται ακολούθως.

- Δημιουργία νέου χρήστη.

Τα απαραίτητα στοιχεία που απαιτούνται για την εγγραφή ενός χρήστη στο σύστημα είναι το ονοματεπώνυμό του, η διεύθυνση e-mail, ένα όνομα και ένας κωδικός χρήστη με τα οποία θα γίνεται κάθε φορά η είσοδος του στο σύστημα (Εικόνα 71).

Σε περίπτωση που ο διαχειριστής έχει εισάγει διεύθυνση e-mail χωρίς να φέρει το στοιχείο “@”, τότε η εγγραφή δεν ολοκληρώνεται και εμφανίζεται ανάλογο μήνυμα για να ενημερωθεί ο διαχειριστής.

Ακόμη, σε περιπτώσεις όπου δεν έχουν συμπληρωθεί όλα τα απαραίτητα στοιχεία, τότε εμφανίζεται κατάλληλο ενημερωτικό μήνυμα. Μήνυμα εμφανίζεται και στην περίπτωση όπου έχει δημιουργηθεί επιτυχώς ο νέος χρήστης.

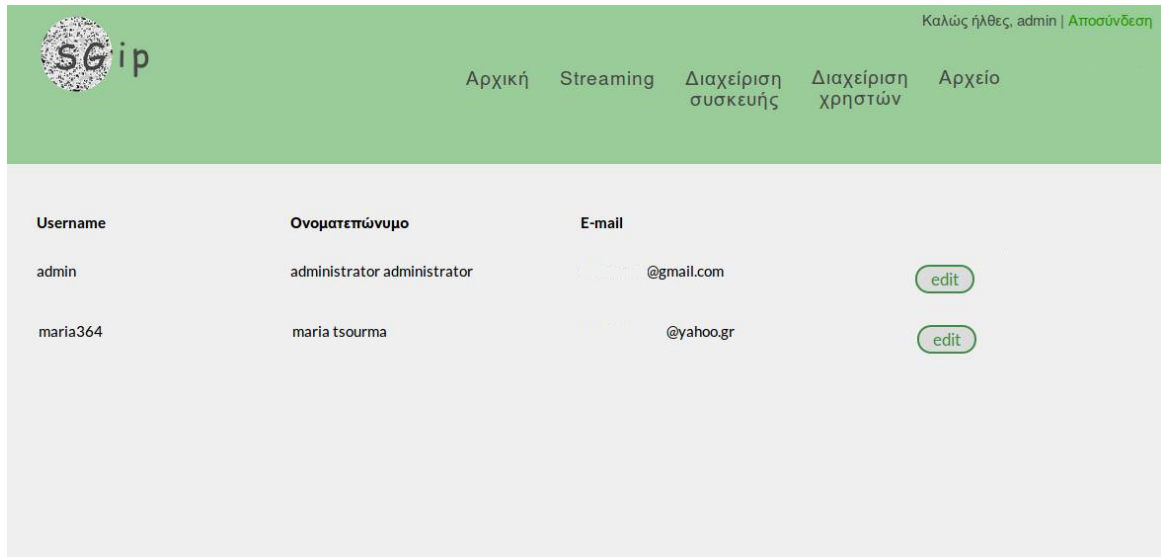
Κατά τη δημιουργία του λογαριασμού ενός χρήστη, δημιουργείται και ο φάκελός του στον οποίο θα αποθηκευτούν μετέπειτα οι φωτογραφίες που θα εισαχθούν για εκείνο το χρήστη στο σύστημα.

Εικόνα 71: Δημιουργία νέου χρήστη. Εάν σε κάποιο πεδίο τα στοιχεία που έχει εισάγει ο χρήστης δεν είναι σωστά, τότε δεν γίνεται η εισαγωγή του χρήστη στο σύστημα. Παράλληλα με την εγγραφή του χρήστη δημιουργείται και ο φάκελος του, με το username του, ώστε να χρησιμοποιηθούν οι φωτογραφίες που ανεβάζει για την αναγνώρισή του.

- Επεξεργασία στοιχείων χρηστών

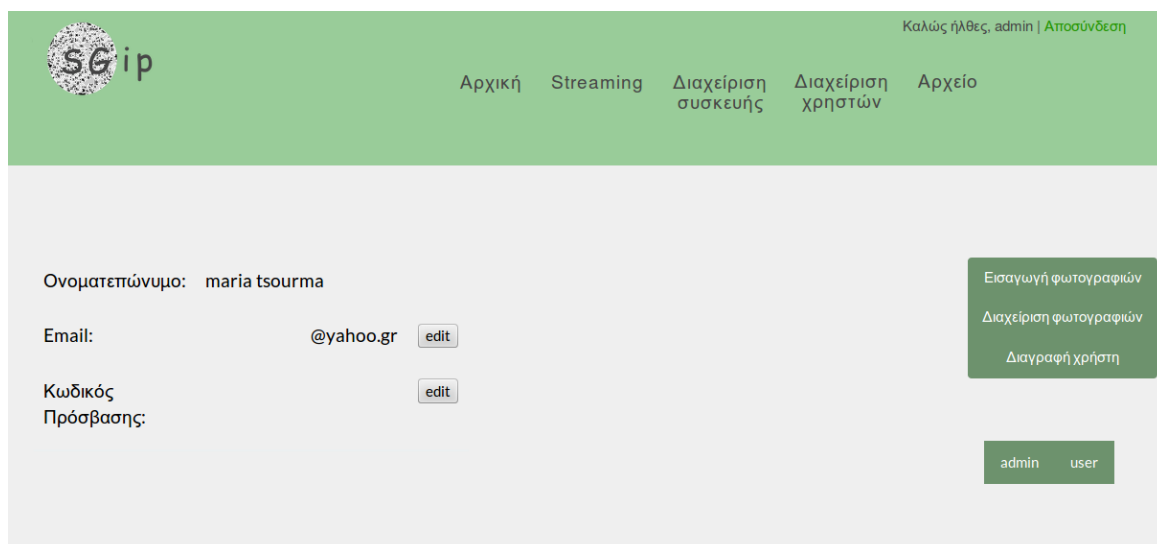
Η επιλογή του χρήστη του οποίου τα στοιχεία θέλει να επεξεργαστεί ο διαχειριστής, γίνεται μέσα από τη λίστα με όλους τους εγγεγραμμένους στο σύστημα χρήστες. Πατώντας

το κουμπί “Edit” που φαίνεται στην Εικόνα 72, ο διαχειριστής μεταφέρεται στη σελίδα του εκάστοτε χρήστη για να επεξεργαστεί τα στοιχεία του.



Εικόνα 72: Λίστα με τους εγγεγραμμένους χρήστες στο σύστημα. Με την επιλογή του κουμπιού “edit” μεταφέρεται ο χρήστης στη σελίδα που φαίνεται στην **Εικόνα 73**, όπου μπορεί να επεξεργαστεί τα στοιχεία του χρήστη που έχει επιλέξει.

Στην καρτέλα που απεικονίζεται στην Εικόνα 73, τα στοιχεία τα οποία μπορούν να αλλάξουν είναι η διεύθυνση e-mail και ο κωδικός εισόδου στο σύστημα. Πατώντας το κουμπί “edit”, ανοίγουν δύο πεδία όπου ο χρήστης θα μπορεί να ενημερώσει τα στοιχεία που επιθυμεί (Εικόνα 74). Κάθε πάτημα του κουμπιού “update” συνοδεύεται και από σχετικό μήνυμα (Εικόνα 75) ώστε να μπορεί να ενημερωθεί ο χρήστης για το αν έχει γίνει η ενημέρωση του στοιχείου ή όχι, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



sgip

Καλώς ήλθες, admin | [Αποσύνδεση](#)

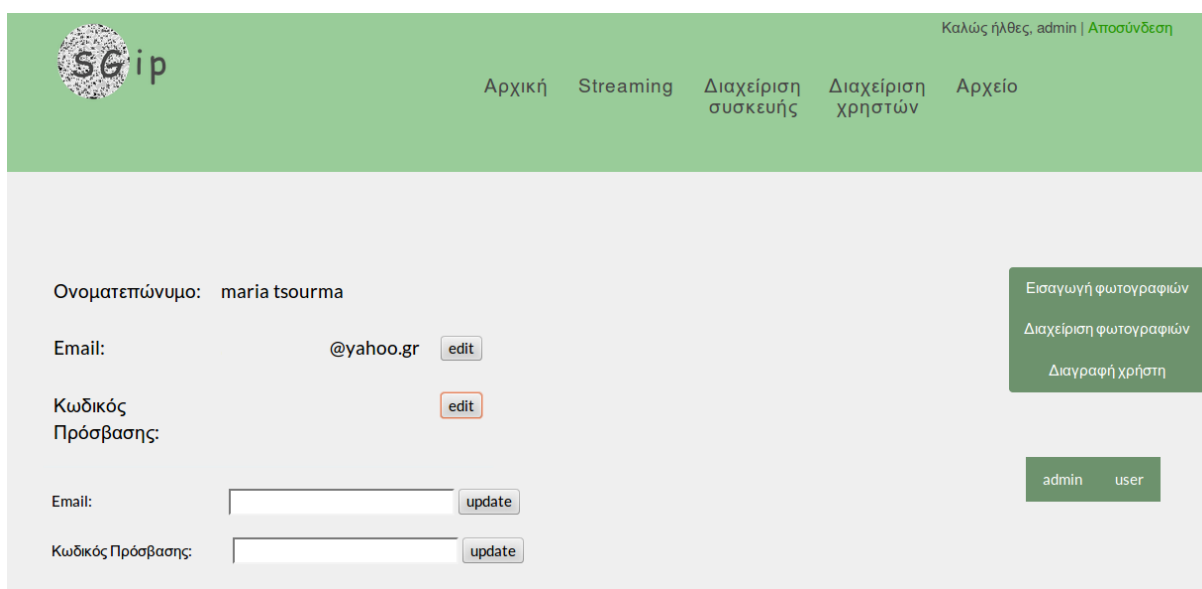
[Αρχική](#) [Streaming](#) [Διαχείριση συσκευής](#) [Διαχείριση χρηστών](#) [Αρχείο](#)

Όνοματεπώνυμο: maria tsourma

Email: @yahoo.gr

Κωδικός Πρόσβασης:

Εικόνα 73: Καρτέλα επεξεργασίας στοιχείων χρήστη.



sgip

Καλώς ήλθες, admin | [Αποσύνδεση](#)

[Αρχική](#) [Streaming](#) [Διαχείριση συσκευής](#) [Διαχείριση χρηστών](#) [Αρχείο](#)

Όνοματεπώνυμο: maria tsourma

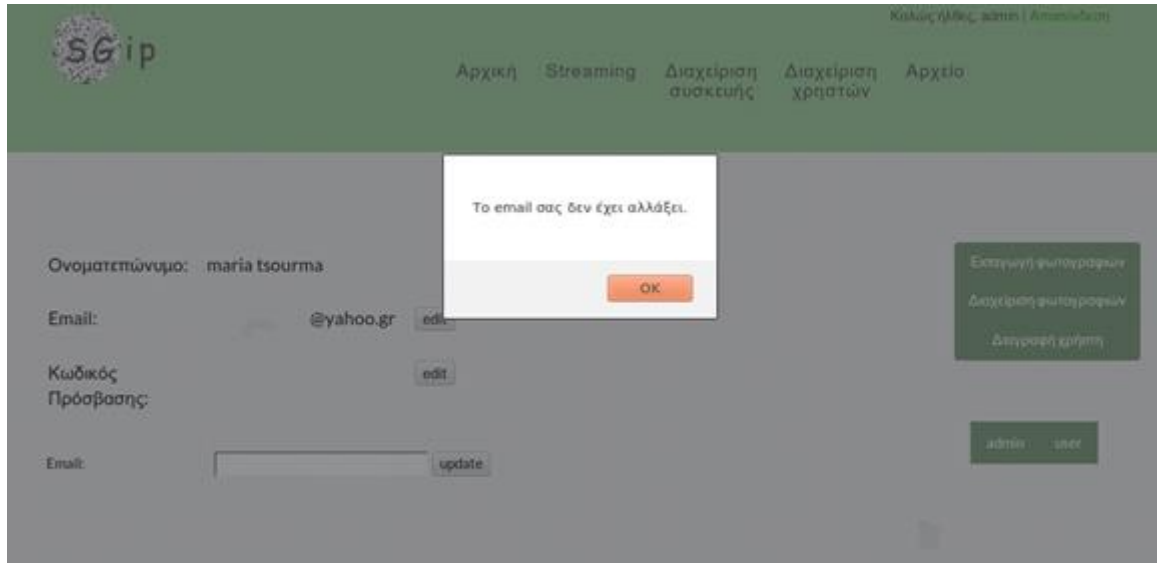
Email: @yahoo.gr

Κωδικός Πρόσβασης:

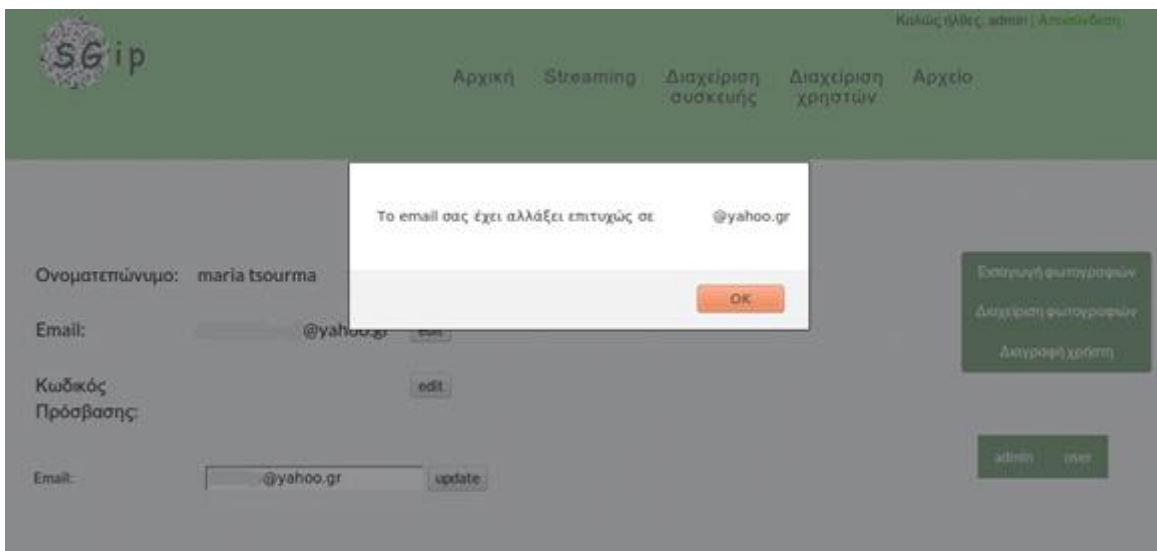
Email:

Κωδικός Πρόσβασης:

Εικόνα 74: Πεδία ενημέρωσης κωδικού και διεύθυνσης e-mail του χρήστη.



(α)



(β)

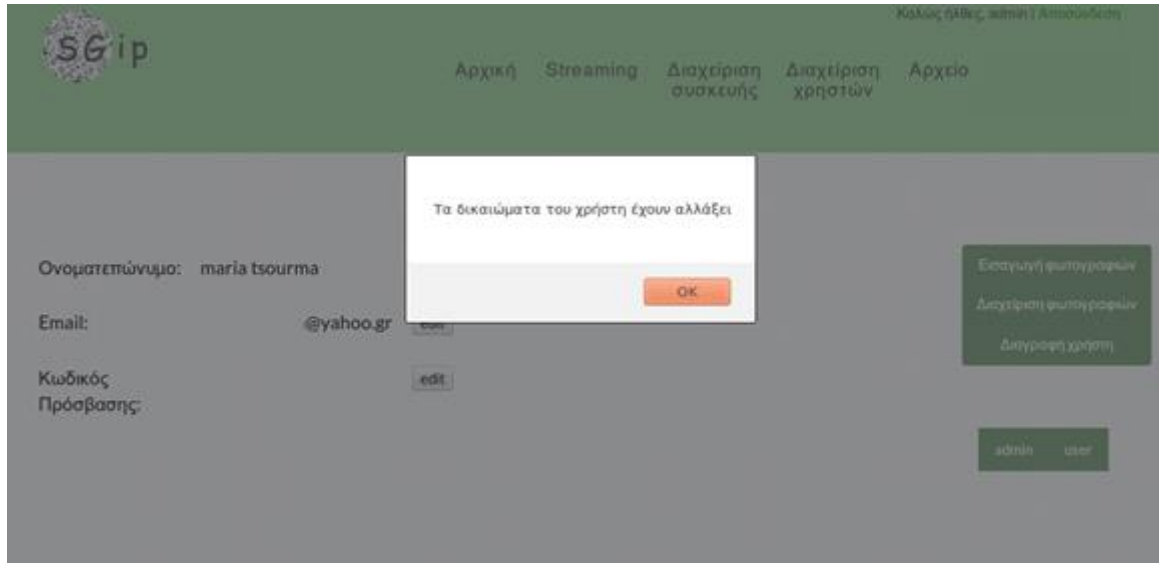
Εικόνα 75: (α) Μήνυμα ενημέρωσης του χρήστη ότι ο κωδικός του δεν έχει αλλάξει. Δεν έχει γίνει ενημέρωση της βάσης δεδομένων. (β) Επιτυχημένη αλλαγή διεύθυνσης e-mail – ενημέρωση της βάσης δεδομένων.

- Αλλαγή των δικαιωμάτων ενός χρήστη

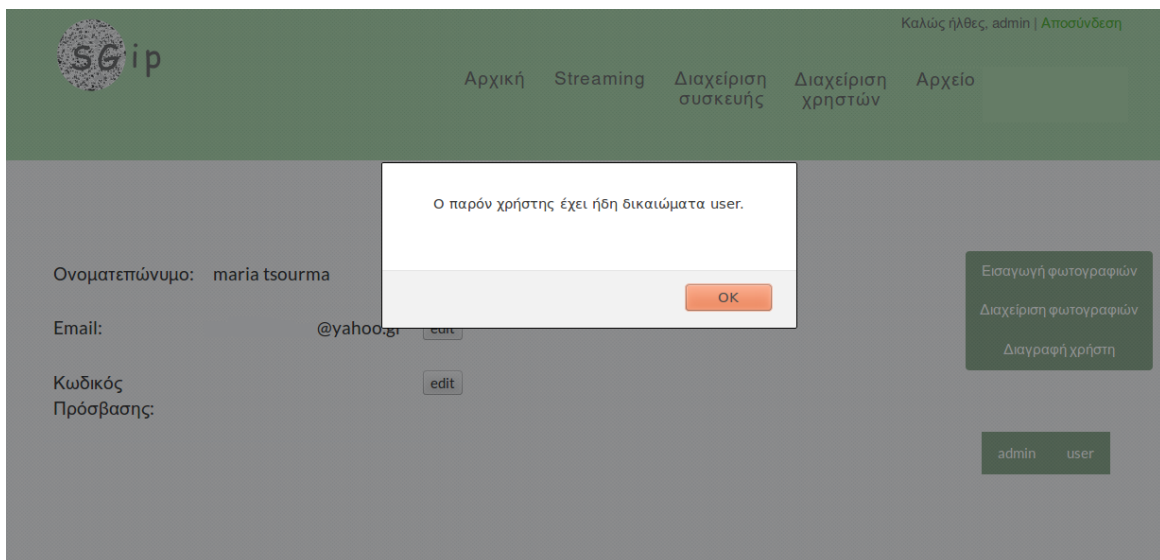
Μέσα από τα κουμπιά “admin” και “user”, ο διαχειριστής μπορεί να επιλέξει τα δικαιώματα που θέλει να δώσει στον χρήστη του οποίου την καρτέλα επεξεργάζεται (Εικόνα 76). Εάν ο χρήστης έχει ήδη τα δικαιώματα που θέλει να του παραχωρήσει ο διαχειριστής τότε εμφανίζεται ενημερωτικό μήνυμα (Εικόνα 77). Σε περίπτωση που ο συγκεκριμένος

χρήστης είναι ο μόνος εναπομείναν διαχειριστής στο σύστημα, τότε παράγεται μήνυμα το οποίο ενημερώνει το διαχειριστή ότι δεν μπορεί να αλλάξει τα δικαιώματα καθώς πρέπει πάντα να υπάρχει ένας διαχειριστής στο σύστημα. Τότε δεν υφίσταται καμία αλλαγή στα δικαιώματα του χρήστη.

Μηνύματα εμφανίζονται σε κάθε επιλογή του χρήστη με σκοπό να τον καθοδηγούν και να τον ενημερώνουν για την πορεία των επιλογών του.



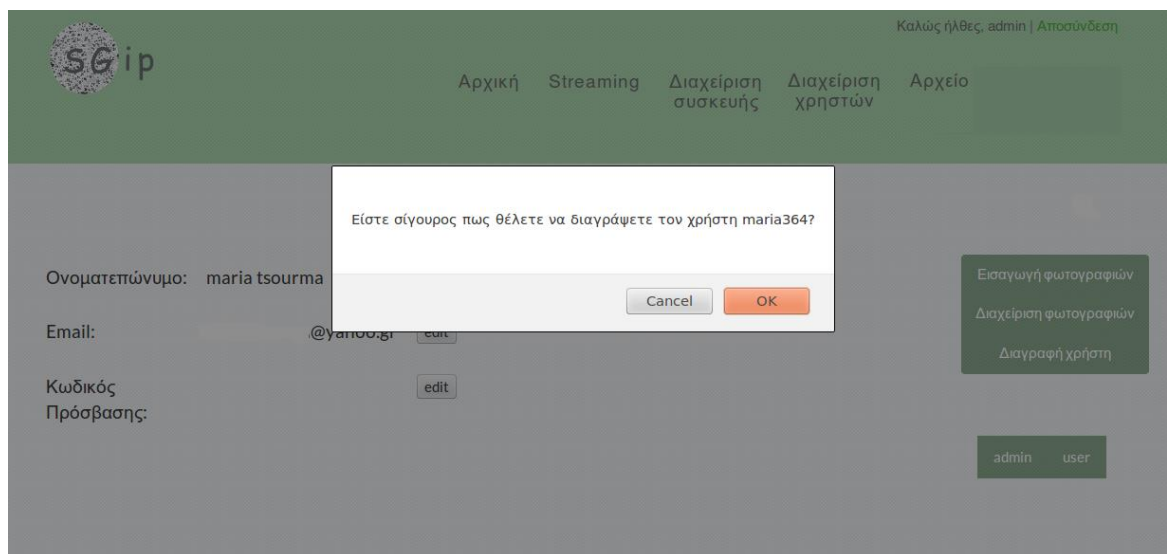
Εικόνα 76: Τα δικαιώματα του χρήστη έχουν αλλάξει επιτυχώς.



Εικόνα 77: Περίπτωση όπου ο χρήστης έχει ήδη δικαιώματα user.

- Διαγραφή χρήστη

Με το πάτημα του κουμπιού σχετικά με τη διαγραφή χρήστη, ερωτάται ο διαχειριστής εάν θέλει όντως να διαγράψει το χρήστη ή όχι (Εικόνα 78). Στην περίπτωση που εκείνος απαντήσει θετικά, τότε ο χρήστης διαγράφεται από τη βάση δεδομένων και γίνεται ανακατεύθυνση της σελίδας στην προηγούμενη της, όπου φαίνεται η ανανεωμένη λίστα χρηστών.



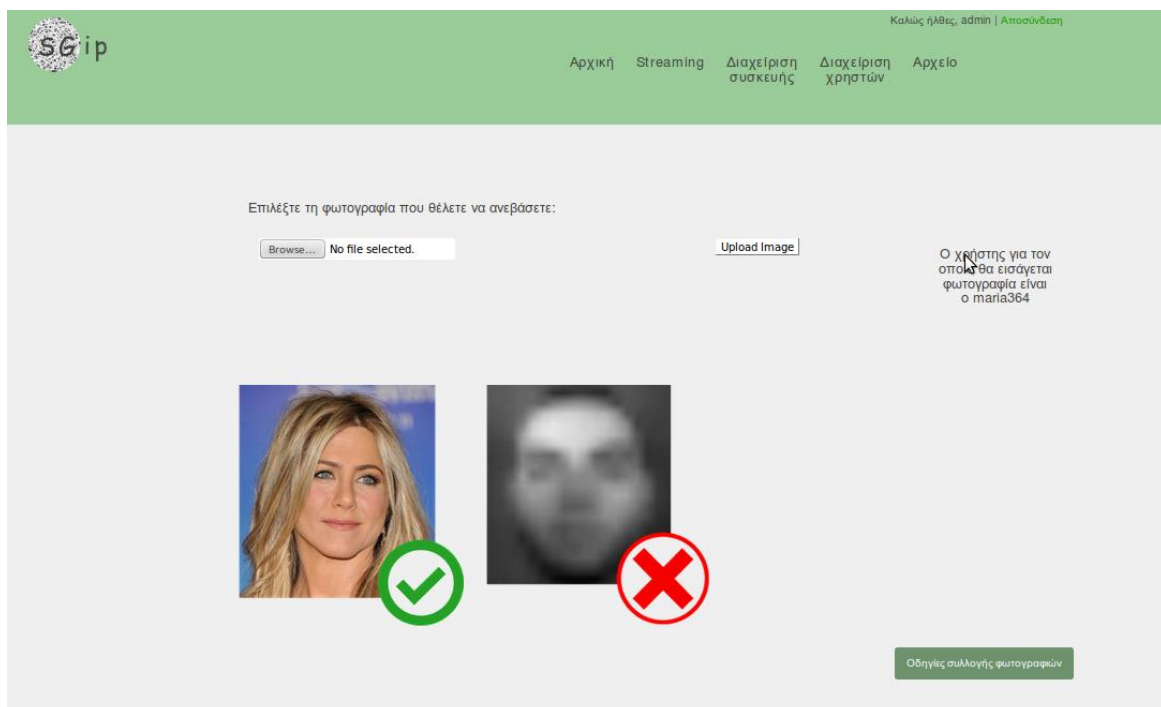
Εικόνα 78: Ερώτηση για διαγραφή χρήστη. Η επιλογή του χρήστη στο παράθυρο αυτό ενεργοποιεί την κατάλληλη διαδικασία (διαγραφή ή μη του χρήστη).

- Εισαγωγή φωτογραφιών

Στην καρτέλα επεξεργασίας των στοιχείων του χρήστη, δίνεται η δυνατότητα στο διαχειριστή να μεταβεί στη σελίδα όπου θα μπορεί να ανεβάσει φωτογραφίες για το συγκεκριμένο χρήστη με σκοπό την αναγνώρισή του από το σύστημα. Οι φωτογραφίες που ανεβαίνουν για το χρήστη αυτό αποθηκεύονται αυτόματα στο φάκελό του.

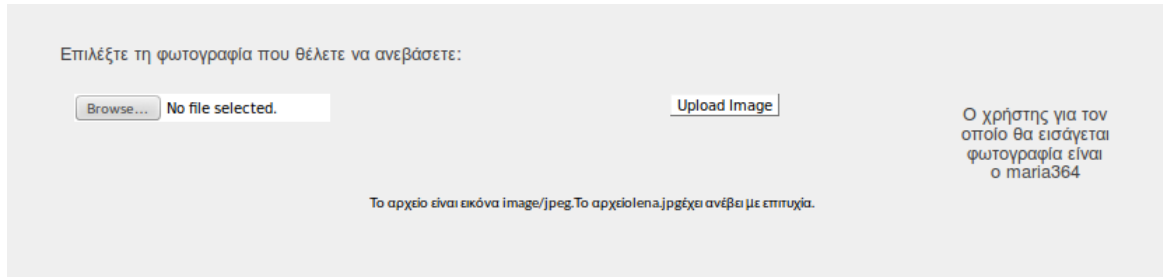
Αξίζει να σημειωθεί ότι και εδώ ο διαχειριστής ενημερώνεται αν η φωτογραφία έχει ανέβει σωστά, εάν είναι σωστό το αρχείο που ανέβηκε και αν υπάρχει φωτογραφία με το ίδιο όνομα στο φάκελο. Οι επιθυμητές καταλήξεις αρχείων είναι οι .jpg, .jpeg, .png και .pgm.

Για να καθοδηγούν το χρήστη σχετικά με το ποιες είναι οι επιθυμητές φωτογραφίες που πρέπει να υπάρχουν στο σύστημα για να γίνεται πιο σωστά η αναγνώριση, υπάρχουν δύο πρότυπα εικόνων κάτω από την είσοδο για την επιλογή φωτογραφίας. Επιπροσθέτως, υπάρχει και το κουμπί «Οδηγίες συλλογής φωτογραφιών», με το πάτημα του οποίου μεταφέρεται ο χρήστης σε μια νέα σελίδα στην οποία βρίσκεται ένα .pdf αρχείο με όλα τα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να έχει μια φωτογραφία για να είναι πιο αυξημένα τα αποτελέσματα της αναγνώρισης (Εικόνα 79). Οι οδηγίες αυτές περιγράφονται στο κεφάλαιο 4, κατά την ανάλυση των απαιτήσεων για τη συλλογή του δείγματος φωτογραφιών.

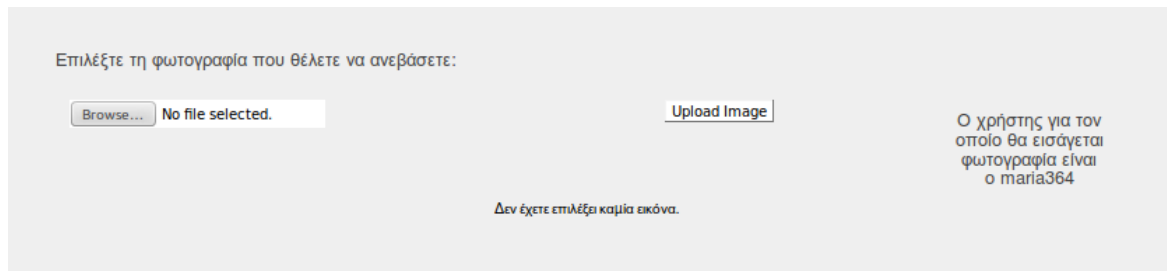


Εικόνα 79: Εισαγωγή φωτογραφιών. Οι εικόνες που παρουσιάζονται στη σελίδα αυτή είναι ενδεικτικές και χρησιμοποιούνται για να καθοδηγήσουν το χρήστη σχετικά με τη σωστή απεικόνιση του προσώπου στις εικόνες τις οποίες θα ανεβάσει. Επιπλέον, στο κάτω δεξιά μέρος της εικόνας υπάρχει η επιλογή εμφάνισης του «Οδηγού συλλογής φωτογραφιών».

Σε περίπτωση όπου έχει γίνει επιτυχημένη ή αποτυχημένη επιλογή μιας εικόνας, καθώς και σε περιπτώσεις όπου δεν τηρούνται οι προδιαγραφές των εικόνων (σωστή μορφή εικόνων), εμφανίζονται τα κατάλληλα ενημερωτικά μηνύματα (Εικόνα 80).



(α)

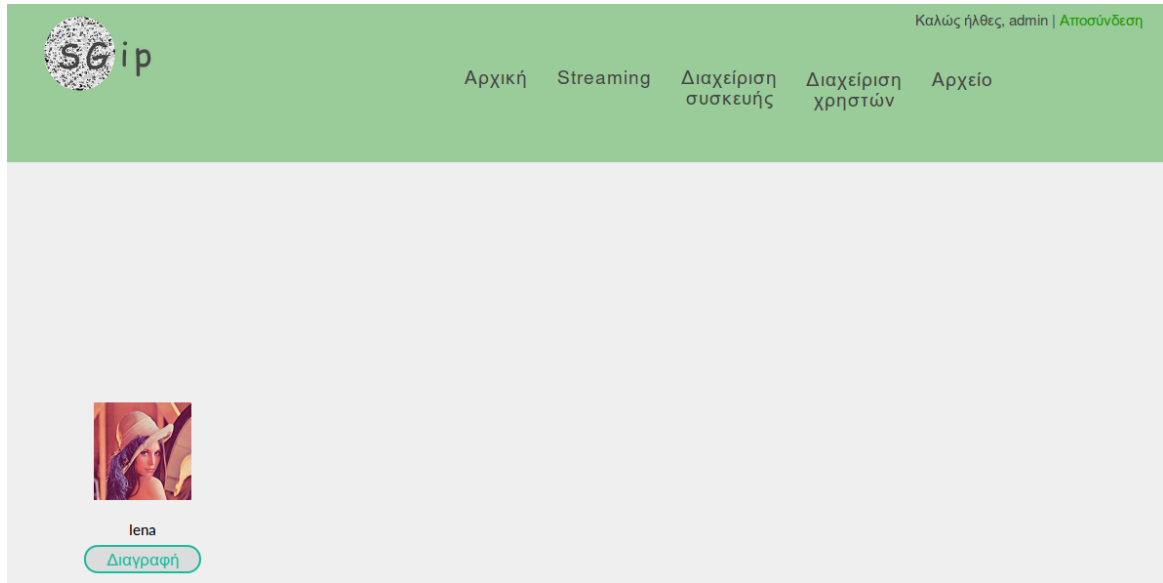


(β)

Εικόνα 80: (α) Επιτυχημένη εισαγωγή φωτογραφίας. (β) Περίπτωση όπου δεν έχει επιλεγεί κάποια εικόνα.

- Διαγραφή φωτογραφιών

Από την καρτέλα στην οποία γίνεται η επεξεργασία του χρήστη, μπορεί ο διαχειριστής να επιλέξει να δει το αρχείο φωτογραφιών του. Μέσα στην καρτέλα όπου εμφανίζονται οι φωτογραφίες του χρήστη (Εικόνα 81). Πατώντας το κουμπί «Διαγραφή» που βρίσκεται κάτω κάθε από μια από αυτές, ερωτάται ο διαχειριστής εάν θέλει να τις διαγράψει. Εάν η απάντηση είναι θετική, τότε οι φωτογραφίες διαγράφονται από το φάκελο και ανανεώνεται η σελίδα.



Εικόνα 81: Αρχείο φωτογραφιών χρήστη.

- Ενημέρωση λίστας χρηστών που θα λαμβάνουν e-mail

Στην καρτέλα που παρουσιάζεται στην Εικόνα 82, ο διαχειριστής θα μπορεί να επιλέγει ποιος χρήστης θα λαμβάνει ενημερωτικά e-mail. Και εδώ γίνονται οι κατάλληλοι έλεγχοι ώστε να υπάρχει πάντα ένας χρήστης ο οποίος θα ενημερώνεται για την κατάσταση του χώρου. Τα e-mail που στέλνονται αφορούν την εισβολή κάποιου αγνώστου στο χώρο.



Εικόνα 82: Λίστα χρηστών για ενημέρωση. Ο διαχειριστής μπορεί να επιλέξει ποιοι από τους χρήστες θα λαμβάνουν κάθε φορά ενημερωτικό e-mail σε περίπτωση εισβολής κάποιου άγνωστου ατόμου στο χώρο φύλαξης του συστήματος.

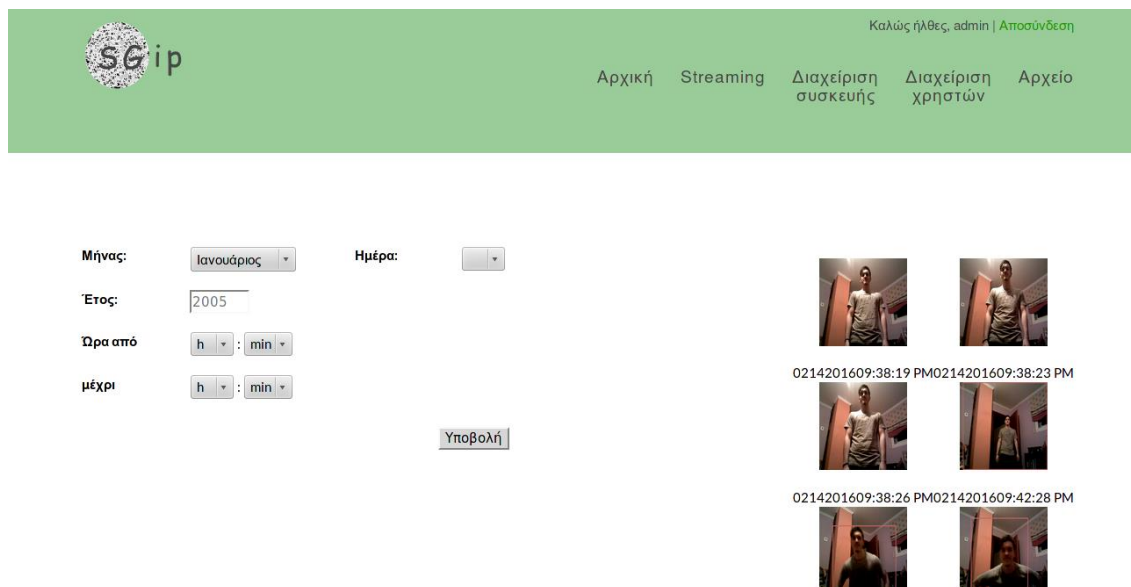
Μετά την επιλογή σχετικά με το αν ο χρήστης θα λαμβάνει μηνύματα ή όχι, ανανεώνεται η σελίδα και εμφανίζονται εκ νέου τα δεδομένα από τη βάση.

5.4.8 Λειτουργίες αρχείου

Στην καρτέλα «Αρχείο», Εικόνα 83, δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να βρει παλαιότερες φωτογραφίες από αντικείμενα ή ανθρώπους που έχουν ανιχνευθεί στο χώρο. Οι φωτογραφίες φαίνονται στη δεξιά πλευρά της σελίδας σε μορφή πλέγματος. Εάν για κάποια ημερομηνία δεν υπάρχει αποθηκευμένη φωτογραφία, τότε εμφανίζεται σχετικό μήνυμα.

Η αναζήτηση γίνεται με βάση την ημερομηνία ή την ώρα ή και τα δύο στοιχεία. Επιλέγοντας απλά ημερομηνία, μπορεί να δει κανείς τις φωτογραφίες των οποίων η λήψη έγινε την ημέρα εκείνη. Σε περιπτώσεις όπου ο χρήστης θέλει να ελέγξει φωτογραφίες από κάποια συγκεκριμένη ώρα, μπορεί να την εισάγει στο πεδίο «Ωρα από». Εάν ο χρήστης γνωρίζει το χρονικό πεδίο στο οποίο θέλει να γίνει ο έλεγχος, τότε εισάγει τις επιθυμητές τιμές και στα δύο πεδία της ώρας.

Και η καρτέλα αυτή είναι κοινή για τον απλό χρήστη αλλά και για το διαχειριστή.



Εικόνα 83: Αρχείο φωτογραφιών εφαρμογής – καρτέλα «Αρχείο». Στη σελίδα αυτή μπορεί ο χρήστης να αναζητήσει φωτογραφίες από το παρελθόν με βάση την ημερομηνία, ή μια συγκεκριμένη ώρα, ή ένα χρονικό διάστημα που έχει επιλέξει.

5.4.9 Προγραμματισμένες εργασίες

Με την έννοια προγραμματισμένες ενέργειες αναφέρονται τα προγράμματα τα οποία έχουν δημιουργηθεί και εκτελούνται στο σύστημα κάνοντας συγκεκριμένες ενέργειες χωρίς όμως να είναι ορατή η εκτέλεσή τους στο χρήστη. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, αναπτύχθηκαν δύο επιπλέον αλγόριθμοι σε γλώσσα PHP.

Ο πρώτος αλγόριθμος αφορά την αποστολή μηνυμάτων σε περιπτώσεις αποτυχημένης αναγνώρισης. Το σύστημα ειδοποιεί το χρήστη με ηλεκτρονικό μήνυμα εάν μια αναγνώριση δεν είναι επιτυχημένη, διότι υπάρχει η πιθανότητα να έχει εισέλθει κάποιος εισβολέας στο χώρο. Στο e-mail που αποστέλλεται, επισυνάπτεται και η φωτογραφία του ατόμου που έχει εισέλθει. Ο αλγόριθμος αυτός, λοιπόν, ελέγχει ανά τακτά χρονικά διαστήματα εάν έχει γίνει κάποια λανθασμένη αναγνώριση και έχει αποθηκευτεί κάποια φωτογραφία σε έναν προκαθορισμένο φάκελο. Σε περίπτωση που έχει αποθηκευτεί νέα φωτογραφία, τότε ο αλγόριθμος επισυνάπτει τη φωτογραφία αυτή στο e-mail και το στέλνει σε όσους χρήστες βρίσκονται στη λίστα για ενημέρωση (όπως τους έχει καθορίσει ο διαχειριστής στην καρτέλα mailinglist).

Ο δεύτερος αλγόριθμος αφορά τον έλεγχο της βάσης δεδομένων και την ενεργοποίηση του συστήματος σε περίπτωση που η ημερομηνία και η ώρα του συστήματος ταιριάζουν με κάποια αποθηκευμένη ημερομηνία στη βάση. Επίσης, γίνεται έλεγχος και για την απενεργοποίηση του συστήματος. Για να μην είναι μεγάλος ο όγκος της βάσης δεδομένων αφαιρούνται όσες ημερομηνίες έχουν παρέλθει και το σύστημα έχει κλείσει. Εάν για παράδειγμα το σύστημα είναι προγραμματισμένο να μείνει ανοιχτό από τη Δευτέρα μέχρι και την Παρασκευή συνεχόμενα και η μέρα ελέγχου είναι η Τρίτη, τότε δεν θα αφαιρεθεί από το σύστημα η προγραμματισμένη αυτή λειτουργία.

Μέσα από τους παραπάνω αλγορίθμους εκτελούνται και σημαντικές – βασικές διαδικασίες μέσα από τις οποίες το σύστημα αλληλεπιδρά με το χρήστη και αποκτά μια πιο σημαντική χροιά.

5.5 Επικοινωνία ιστοχώρου με εφαρμογή

Η επικοινωνία της εφαρμογής με την ιστοσελίδα γίνεται με τη χρήση TCP/IP sockets. Η σύνδεση μεταξύ εξυπηρετητή – πελάτη (client-server computing) ή αλλιώς **Socket** αναφέρεται σε μια βασική λειτουργία των συστημάτων, την ανάγκη τους για ανταλλαγή πληροφοριών [27]. Ειδικότερα, ένα σύστημα επικοινωνίας μεταξύ client-server είναι ένα σύστημα στο οποίο το δίκτυο ενώνει διάφορους υπολογιστικούς πόρους, ώστε οι clients (ή αλλιώς front end) να μπορούν να ζητούν υπηρεσίες από έναν server (ή αλλιώς back end), ο οποίος προσφέρει πληροφορίες ή επιπρόσθετη υπολογιστική ισχύ.

Στο client-server μοντέλο, ο client κάνει μια αίτηση και ο server επιστρέφει μια απάντηση ή εκτελεί μια σειρά από ενέργειες σύμφωνα με την αίτηση που έλαβε. Ο server έχει τη δυνατότητα να εκτελεί άμεσα την αίτηση αυτή ή να την προσθέτει σε μια ουρά. Για παράδειγμα, μια άμεση ενεργοποίηση της αίτησης μπορεί αποτελεί την επιστροφή ενός αποτελέσματος, εφόσον ο server έχει κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς. Αντίθετα, η τοποθέτηση της αίτησης σε μια ουρά μπορεί να σημαίνει ότι η αίτηση πρέπει να μείνει σε αναμονή για κάποιο χρονικό διάστημα μέχρι να εκτελεστεί. Παράδειγμα τοποθέτησης αίτησης σε ουρά αναμονής αποτελεί η εκτύπωση ενός αρχείου σε έναν εκτυπωτή δικτύου. Ο server τοποθετεί την αίτηση σε μια ουρά μαζί με τις αιτήσεις εκτυπώσεων άλλων clients. Με το πέρας συλλογής των αιτήσεων, ο server επεξεργάζεται τις αιτήσεις με βάση τη σειρά προτεραιότητας και εκτελεί την αίτηση που έλαβε πρώτη χρονικά.

Τα Sockets είναι ουσιαστικά ένας τρόπος επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ διαφόρων διαδικασιών. Σημαντικό στοιχείο για να ξεκινήσει η επικοινωνία αυτή είναι να γνωρίζουν αμφότεροι τα στοιχεία επικοινωνίας τους. Δεν έχει σημασία εάν τρέχουν στο ίδιο λειτουργικό σύστημα ή εάν έχουν υλοποιηθεί με διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού.

Για να ξεκινήσει η επικοινωνία πρέπει να υπακούουν και οι δύο σε ένα κοινό πρωτόκολλο. Ως πρωτόκολλο ορίζεται η κοινή γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ client-server. Υπάρχουν δύο σημαντικά πρωτόκολλα μεταφοράς πληροφοριών, πάνω στα οποία βασίζονται και πολλά άλλα πρωτόκολλα: το TCP και το UDP. Το TCP είναι ένα αξιόπιστο, connection-oriented πρωτόκολλο που μεταδίδει δεδομένα ως ένα ρεύμα από bytes. Το θετικό με το

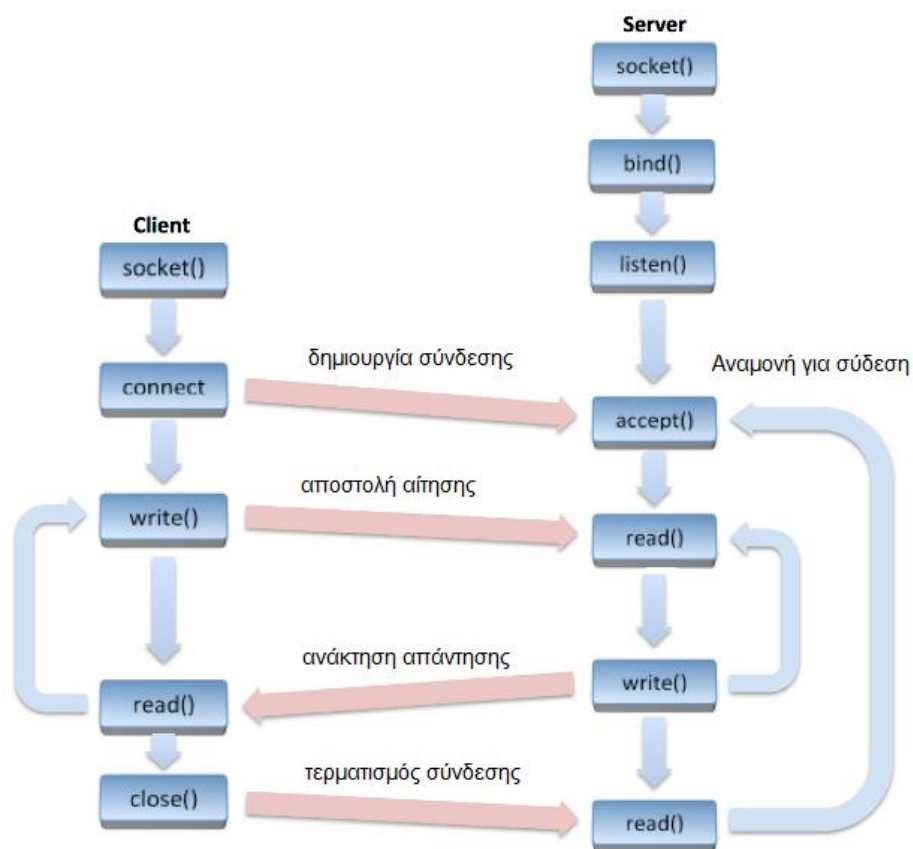
πρωτόκολλο αυτό είναι ότι απλά μεταφέρει τη ροή δεδομένων χωρίς να γνωρίζει τι είδους πληροφορία μεταφέρει.

Από την άλλη πλευρά βρίσκεται το πρωτόκολλο UDP, το οποίο στέλνει τα δεδομένα σε κομμάτια που αποκαλούνται datagrams [27]. Το πρωτόκολλο αυτό είναι αναξιόπιστο, καθώς μερικές φορές η πληροφορία που μεταφέρεται μπορεί να μην είναι ολόκληρη ή να αποσταλεί με λάθος σειρά, με αποτέλεσμα το μήνυμα που θα ληφθεί να μην είναι σωστό.

Τα βήματα που παρουσιάζονται σχηματικά στην Εικόνα 84, εκτελούνται κάθε φορά για την επίτευξη της επικοινωνίας μεταξύ client-server, ανεξάρτητα πρωτοκόλλου, είναι τα εξής:

1. Δημιουργία socket. Τόσο ο server όσο και ο client έχουν την ανάγκη δημιουργίας socket για ξεχωριστούς λόγους. Ο server δημιουργεί το socket για να «ακούσει» εάν υπάρχουν νέες συνδέσεις, ενώ ο client το χρησιμοποιεί για να συνδεθεί με το server. Η δημιουργία του socket γίνεται με την κλήση της συνάρτησης `socket()`.
2. Για να επιτευχθεί η σύνδεση του client με το server πρέπει να γίνει γνωστοποίηση της διεύθυνσής τους. Τα socket που δημιουργούνται από το server ακούνε μόνο για νέες συνδέσεις, επομένως θα πρέπει να γίνει μια ανάθεση της διεύθυνσης του client, μιας και εκείνος αιτείται σύνδεση με το server, με το socket του server. Η ανάθεση διεύθυνσης αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της συνάρτησης `bind()`.
3. Εφόσον στο socket έχει ανατεθεί μια διεύθυνση, σταματά αυτόματα η διαδικασία της «ακοής» για επιπλέον συνδέσεις. Για να εξασφαλιστεί όμως ότι δεν θα χαθούν εισερχόμενες συνδέσεις, δημιουργείται μια ουρά αναμονής. Αυτό επιτρέπει στις εισερχόμενες συνδέσεις να περιμένουν στην ουρά, ενώ ο διακομιστής είναι κατειλημμένος. Η παραπάνω διαδικασία επιτυγχάνεται με την κλήση της συνάρτησης `listen()`.
4. Από την πλευρά του client, μόλις δημιουργηθεί το socket πρέπει να επιτευχθεί η σύνδεση με το server. Μόλις ενεργοποιηθεί η σύνδεση, ενεργοποιείται αυτόματα και το socket και ξεκινά η αποστολή και η λήψη δεδομένων. Η συνάρτηση `connect()` είναι εκείνη που δείχνει εάν μια σύνδεση είναι ενεργή.

5. Μέσω της συνάρτησης `accept()` στην πλευρά του server, γίνεται δεκτή η σύνδεση και ξεκινά η αποστολή και η λήψη δεδομένων μέσω των συναρτήσεων `write()` και `read()`. Η τελευταία συνάρτηση επιστρέφει τον αριθμό των bytes που έλαβε ή την τιμή -1 σε περίπτωση σφάλματος.
6. Για τον τερματισμό της μεταξύ τους επικοινωνίας χρησιμοποιείται η συνάρτηση `close()`. Μετά την ολοκλήρωση της συνάρτησης το socket απενεργοποιείται και εάν ο server παραμένει ανοιχτός τίθεται σε κατάσταση «αναζήτησης - ακοής» για νέα σύνδεση¹⁸.



Εικόνα 84: Επικοινωνία μεταξύ client και server. Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται όλες οι απαραίτητες διαδικασίες για την επικοινωνία μεταξύ των δύο αυτών οντοτήτων.

¹⁸ Τίθεται η προϋπόθεση να μην υπάρχει κάποια αίτηση που να περιμένει εξυπηρέτηση στην ουρά. Στην περίπτωση αυτή ξεκινά ξανά η διαδικασία που περιγράφηκε για την καινούρια σύνδεση μέχρις ότου να αδειάσει εντελώς η ουρά.

Το client-server computing είναι πολύ σημαντικό, διότι επιτυγχάνει τα εξής:

1. Αποτελεσματική χρήση της υπολογιστικής ισχύος.
2. Μείωση του κόστους συντήρησης και αναβάθμισης.
3. Αύξηση της παραγωγικότητας, προσφέροντας στους χρήστες ξεκάθαρη πρόσβαση στις αναγκαίες πληροφορίες μέσω σταθερών και εύκολων στην χρήση διασυνδέσεων.
4. Αύξηση της ευελιξίας και της δυνατότητας δημιουργίας συστημάτων που υποστηρίζουν πολλά περιβάλλοντα.

Η ιστοσελίδα του συστήματος επικοινωνεί με την εφαρμογή μέσα από ένα tcp/ip socket. Επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος τύπος επικοινωνίας για λόγους αξιοπιστίας. Η επικοινωνία μεταξύ της ιστοσελίδας και της εφαρμογής γίνεται με τη βοήθεια αλφαριθμητικών. Οι επιλογές του χρήστη αντιστοιχούν σε αριθμητικές μεταβλητές οι οποίες στέλνονται μέσα από το Socket με σκοπό την εκκίνηση ή την απενεργοποίηση της συσκευής. Παραδείγματος χάρη, όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί start αποστέλλεται η τιμή της μεταβλητής (πχ. η τιμή 'a') στον client, ο οποίος λαμβάνει την τιμή, εκτελεί κάποιες διαδικασίες ώστε να συνδεθεί με τον server, και έπειτα στέλνει την τιμή. Ο server λαμβάνει έναν αριθμό, ελέγχει για να δει σε ποια διαδικασία ανήκει ο αριθμός αυτός και στη συνέχεια εκτελεί την ανάλογη διεργασία. Εκτός από το αλφαριθμητικό που αντιστοιχεί στο κάθε κουμπί, αποστέλλεται και το χρονικό διάστημα στο οποίο πρέπει να γίνει η ενεργοποίηση / απενεργοποίηση της συσκευής (ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη), ο τύπος της κάμερας και η θύρα του Arduino.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί μια ακόμη διαφορά εντολών που διερευνήθηκε και εμπεριέχεται στο κομμάτι της επικοινωνίας. Στην πλευρά του server, μετά από κατάλληλη εντολή του client για έναρξη του συστήματος, εκτελείται το πρόγραμμα ανίχνευσης-αναγνώρισης με τη χρήση της εντολής `posix_spawn()`. Η εντολή αυτή χρησιμοποιήθηκε έναντι της εντολής `fork()` για αρκετούς λόγους.

Στόχος και των δύο συναρτήσεων είναι να δημιουργήσουν μια θυγατρική διεργασία η οποία θα τρέχει παράλληλα με την κύρια (διεργασία γονέας), όπου οι δύο αυτές διεργασίες θα είναι αλληλένδετες. Η συνάρτηση `fork()` δημιουργεί μια διεργασία (διεργασία απόγονος) πανομοιότυπη με τη διεργασία γονέα η οποία τρέχει παράλληλα με την αρχική. Στη διεργασία γονέα μπορεί να προστεθεί και η εκτέλεση άλλων προγραμμάτων (με τη βοήθεια της συνάρτησης `execve()`). Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας η χρήση της `fork()` για την παράλληλη δημιουργία του προγράμματος και η μετέπειτα κλήση του προγράμματος

επιβάρυνε την μνήμη του υπολογιστή και εισήγαγε χρονική καθυστέρηση κατά την επεξεργασία των εικόνων. Στην περίπτωση που η εκτέλεση του προγράμματος στο μικροϋπολογιστή Raspberry Pi γινόταν μέσα από τη συνάρτηση `fork()`, τότε το πρόγραμμα ξεκινούσε αλλά δεν ήταν εφικτή η ανίχνευση προσώπου και η παραγωγή αποτελέσματος.

Αντίθετα, η συνάρτηση `posix_spawn()` έχει ως στόχο να ξεκινήσει μια εντελώς νέα διεργασία παράλληλα με τη διεργασία γονέα, χωρίς αντιγράψει κάποιο μέρος της διεργασίας γονέα. Ωστόσο, και στην περίπτωση αυτή οι διεργασία γονέας και απόγονος είναι αλληλένδετες και αλληλεπιδρούν. Με τη χρήση της συνάρτησης αυτής το πρόγραμμα εκτελείται χωρίς κάποια καθυστέρηση, με παραμέτρους οι οποίες προκύπτουν από τις επιλογές του χρήστη στη σελίδα και στέλνονται από τον client στον server.

5.6 Σύνοψη μετρικών κώδικα

Σε αυτή την παράγραφο θα αναφερθούν συνοπτικά δεδομένα σχετικά με τον πηγαίο κώδικα της εργασίας. Συγκεκριμένα, θα παρουσιαστούν πληροφορίες και στατιστικά για τον κώδικα που αναπτύχθηκε για την υλοποίηση του λογισμικού, και των δύο εκδόσεων, του κώδικα του Arduino, τον κώδικα του ιστοχώρου, καθώς και για τους επιπρόσθετους αλγορίθμους.

5.6.1 Μέτρηση κώδικα πλήρους προγράμματος

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του κώδικα που υλοποιήθηκε για τις ανάγκες της ανάπτυξης του πλήρους λογισμικού.

Πίνακας 7: Μέτρηση κώδικα πλήρους έκδοσης της εφαρμογής

Γραμμές κώδικα (χωρίς σχόλια)	720
Μέγεθος (Bytes)	867,897
Συναρτήσεις	14
Βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούνται	6

5.6.2 Μέτρηση κώδικα δεύτερης έκδοσης προγράμματος

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του κώδικα που υλοποιήθηκε για τις ανάγκες της ανάπτυξης του λογισμικού που εκτελείται στο ενσωματωμένο σύστημα και το μικροϋπολογιστή Raspberry Pi.

Πίνακας 8: Μέτρηση κώδικα δεύτερης έκδοσης εφαρμογής

Γραμμές κώδικα (χωρίς σχόλια)	423
Μέγεθος (Bytes)	104,425
Συναρτήσεις	8
Βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούνται	6

5.6.3 Μέτρηση κώδικα για το Arduino

Στον Πίνακα 9, καθώς και στην Εικόνα 85 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του κώδικα που υλοποιήθηκε για προγραμματιστεί το Arduino και να δοθεί κίνηση στην κατασκευή.

Πίνακας 9: Μέτρηση του κώδικα για τον προγραμματισμό κινήσεων του Arduino

Γραμμές κώδικα (χωρίς σχόλια)	67
Μέγεθος (Bytes)	5,216
Συναρτήσεις	2
Βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούνται	1

Sketch uses 5,126 bytes (15%) of program storage space. Maximum is 32,256 bytes.
Global variables use 308 bytes (15%) of dynamic memory, leaving 1,740 bytes for local variables. Maximum is 2,048 bytes.

Εικόνα 85: Μετρικές που προκύπτουν από τη μεταγλώττιση του προγράμματος στην πλατφόρμα Arduino IDE. Το μέγεθος της μνήμης του προγράμματος καλύπτει το 15% της μνήμης του μικροελεγκτή και αφήνει περιθώριο 1,740 bytes για χρήση.

5.6.4 Μέτρηση κώδικα για τον ιστοχώρο

Ο ιστοχώρος αποτελείται από 160 αρχεία και φωτογραφίες, συνολικού μεγέθους 3.16 MB.

Αναλυτικά:

- 12 αρχεία CSS συνολικού μεγέθους 516 KB.
- 30 αρχεία JavaScript συνολικού μεγέθους 932.0 KB.
- 68 αρχεία PHP συνολικού μεγέθους 167.0 KB.
- 6 αρχεία εικόνων συνολικού μεγέθους 301.2 KB.
- 33 αρχεία γραμματοσειρών συνολικού μεγέθους 998.5 KB.
- 11 αρχεία για το daterangepicker συνολικού μεγέθους 323.8 KB.

Εφόσον έχει ολοκληρωθεί το κομμάτι του λογισμικού μέρους του συστήματος, σειρά έχει η ανάπτυξη του σχεδιασμού της κατασκευής και η υλοποίησή της. Το επόμενο κεφάλαιο πραγματεύεται

τους τρόπους και τα μέσα με τα οποία δημιουργήθηκε η κατασκευή για τις ανάγκες της διπλωματικής αυτής εργασίας.

6

Σχεδίαση και κατασκευή του υλικού μέρους του συστήματος

Η υλοποίηση του συστήματος για την κίνηση του όπλου βασίζεται στο μικροελεγκτή Arduino UNO, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2. Με τη χρήση ενός breadboard συνδέθηκαν με το Arduino όλα τα περιφερειακά κυκλώματα και οι servos που απαιτούνται με σκοπό την κίνηση της κατασκευής.

Στο ακόλουθο κεφάλαιο καταγράφονται αναλυτικά τα εξαρτήματα, η συνδεσμολογία τους και ο τρόπος με τον οποίο αυτά αλληλεπιδρούν. Στην αρχή παρουσιάζεται ο τρόπος δημιουργίας της κατασκευής και στη συνέχεια μελετάται η σύνδεσή της με το Arduino και ο προγραμματισμός.

Σημείωση: Στο παρόν κεφάλαιο με τον όρο σύστημα εννοείται η αλληλεπίδραση της κάμερας (λογισμικού) με την κατασκευή.

Στην ενότητα 6.3 του κεφαλαίου αυτού γίνεται εκτενής αναφορά στον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι συντεταγμένες από το κυρίως πρόγραμμα, μεταφράζονται σε μοίρες και μεταφέρονται στο Arduino UNO ώστε να δοθεί η κατάλληλη κίνηση στους άξονες (x, y). Η ενότητα αυτή είναι η πιο σημαντική καθώς παντρεύει όλα όσα έχουν ειπωθεί για το λογισμικό και για την κίνηση των αξόνων και παρουσιάζει την ουσιαστική λειτουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος.

6.1 Υλικό μέρος συστήματος

Το υλικό από το οποίο αποτελείται η κατασκευή είναι το ξύλο. Ο λόγος που επέλεξα να δημιουργήσω μια ξύλινη κατασκευή είναι κυρίως οικονομικός. Θέλαμε το σύστημα να είναι προσιτό οικονομικά σε όλους τους χρήστες, χωρίς εξαιρέσεις, και από υλικά τα οποία μπορεί κανείς να βρει εύκολα στο εμπόριο. Ακόμη, το ξύλο, λόγω βάρους, προσφέρει μεγαλύτερη ευστάθεια στις απότομες κινήσεις του όπλου.

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται η κατασκευή είναι:

1. Pan / tilt ηλεκτρικοί κινητήρες (servos) για τη μετάδοση κίνησης στους άξονες (x, y).
2. Βάση στήριξης.
3. Πλαϊνά στηρίγματα, κεντρική βάση στήριξης.
4. Όπλο.

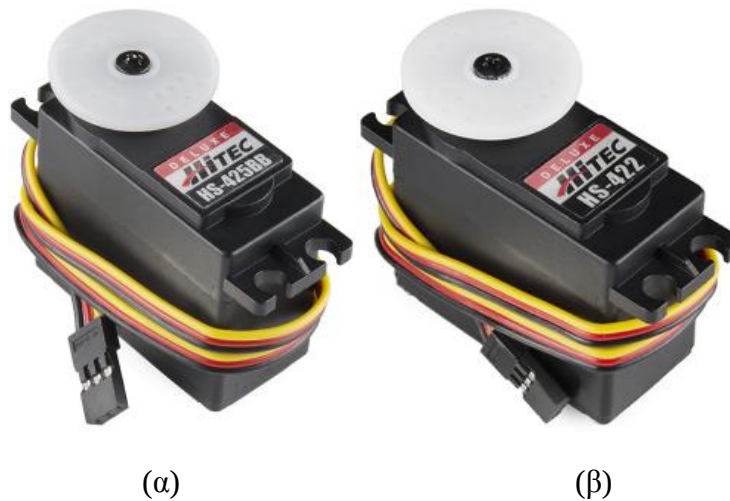
Το πρώτο μέρος της κατασκευής αφορά τη βάση μέσα στην οποία περικλείονται ο μικροϋπολογιστής, ο μικροελεγκτής και τα ηλεκτρονικά μέσα. Το δεύτερο μέρος, σχετίζεται με την κατασκευή των βάσεων και των αξόνων που είναι υπεύθυνα για την κίνηση του όπλου σε κάθε άξονα. Το τρίτο μέρος αφορά τα ηλεκτρονικά μέσα, που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εντολών και ρεύματος. Στη συνέχεια της ενότητας αυτής παρουσιάζονται λεπτομερώς όλα τα μέρη της κατασκευής.

6.1.1 Pan / tilt ηλεκτρικοί κινητήρες (servos) για τη μετάδοση κίνησης στους άξονες (x, y)

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες (servos) που χρησιμοποιήθηκαν έχουν στόχο να δώσουν κίνηση στις βάσεις της κατασκευής, ώστε να επιτευχθεί η κίνηση του όπλου κατά τους άξονες (x, y). Το servo αποτελείται από έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που ελέγχει τη θέση του τελικού άξονα κίνησης και ένα κιβώτιο υποβιβασμού της σχέσης μετάδοσης του κινητήρα. Ο τελικός άξονας κίνησης δεν εκτελεί πλήρεις περιστροφές, αλλά περιστρέφεται μεταξύ δύο ακραίων θέσεων A, B. Για τη λειτουργία του στις υπόλοιπες θέσεις απαιτείται η παροχή της κατάλληλης ηλεκτρικής τάσης αλλά και ενός σήματος ελέγχου που καθορίζει τη θέση περιστροφής του τελικού άξονα.

Επέλεξα servos οι οποίοι να έχουν ελευθερία κίνησης 180° . Στην παρούσα κατασκευή και λόγω μειωμένου οπτικού πεδίου των καμερών που έχουν χρησιμοποιηθεί, δεν αξιοποιούνται πλήρως οι ελευθερίες κινήσεων των servo. Πιο συγκεκριμένα, η κίνηση του όπλου περιορίζεται στις μοίρες $0^\circ - 58^\circ$ στον άξονα x (μέγιστο οπτικό πεδίο που δίνεται από την στερεοσκοπική κάμερα ASUS), ενώ στον άξονα y η κίνηση του όπλου γίνεται στις μοίρες $0^\circ - 45^\circ$.

Τα servos που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στην Εικόνα 86:



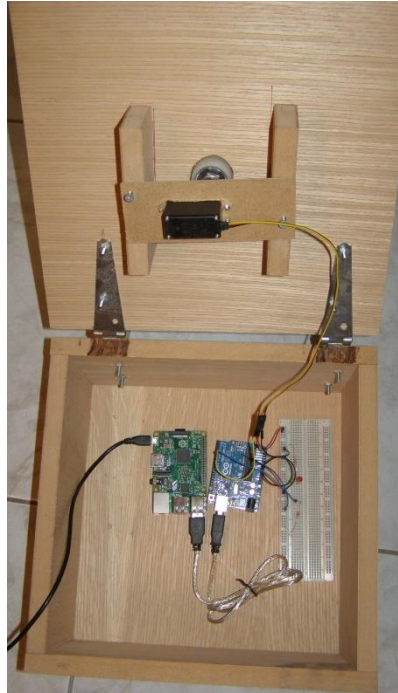
Εικόνα 86: (α) Servo - Hitec HS-425BB (Standard Size). Χρησιμοποιείται για την κίνηση του όπλου στον άξονα y. (β) Servo - Hitec HS-422 (Standard Size). Χρησιμοποιείται για την κίνηση του όπλου στον άξονα x.

Οι παραπάνω servos επιλέχθηκαν καθώς έχουν αυξημένη ροπή, είναι σε μικρό μέγεθος, δεν χρειάζονται κάποιο αισθητήρα για τον προσδιορισμό της θέσης στην οποία πρέπει να μεταβούν και είναι σε σχετικά οικονομικές τιμές. Ωστόσο, επειδή το όπλο έχει αυξημένο βάρος και απαιτείται ακρίβεια στις κινήσεις, χρησιμοποιήθηκε υπομόχλιο στον άξονα y για να μπορέσει ο συγκεκριμένος servo να κινεί το όπλο με ακρίβεια.

6.1.2 Βάση στήριξης

Ολόκληρη η κατασκευή στηρίζεται πάνω σε μια ξύλινο τετράγωνο κουτί του οποίου το πάνω μέρος ανοίγει, το οποίο αποτελεί την κύρια βάση της κατασκευής (Εικόνα 87). Μέσα στη βάση αυτή υπάρχουν όλα τα ηλεκτρονικά μέσα, ο μικροϋπολογιστής και ο μικροελεγκτής

Arduino Uno που είναι απαραίτητοι για τη μετάδοση της κίνησης του όπλου. Οι διαστάσεις της βάσης αυτής είναι 30x30 cm. Για τον υπολογισμό των διαστάσεων έχει ληφθεί υπόψη το μέγεθος του μικροϋπολογιστή και του μικροελεγκτή που χρησιμοποιούνται ή ακόμη και ενός mini υπολογιστή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μελλοντική επέκταση. Στο πάνω μέρος της κύριας βάσης βρίσκεται ο servo για την κίνηση του άξονα x.



Εικόνα 87: Εσωτερικό κύριας βάσης της κατασκευής. Στην εικόνα παρουσιάζονται ο μικροϋπολογιστής και ο μικροελεγκτής χωρίς τις θήκες τους.

Στο πάνω μέρος της κύριας βάσης βρίσκεται μια ακόμη βάση, η οποία έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται. Οι διαστάσεις της βάσης αυτής είναι 25x25 cm. Η σύνδεση της πρώτης και της δεύτερης (περιστρεφόμενης) βάσης γίνονται με έναν άξονα ο οποίος ξεκινά από το κέντρο της δεύτερης, διαπερνά την πρώτη βάση και συνδέεται με τον servo. Για να αποφευχθεί η αντίσταση που παρουσιάζεται από την τριβή, έχει χρησιμοποιηθεί ένα ρουλεμάν (Εικόνα 88) γύρω από τον κεντρικό αυτό άξονα. Ακόμη, το ρουλεμάν μειώνει το βάρος της δεύτερης βάσης (πάνω μέρος κατασκευής), ώστε να αποφευχθούν τυχόν καταστροφές στον servo του άξονα x κατά τη μετάδοση της κίνησης.



Εικόνα 88: Ρουλεμάν το οποίο χρησιμοποιείται για το μηδενισμό της τριβής και τη μείωση του βάρους.



Εικόνα 89: Πρώτη και δεύτερη βάση στήριξης της κατασκευής. Στην εικόνα φαίνεται και το άνοιγμα του πάνω μέρους της πρώτης κύριας βάσης.

6.1.3 Πλαϊνά στηρίγματα και κεντρική βάση στήριξης

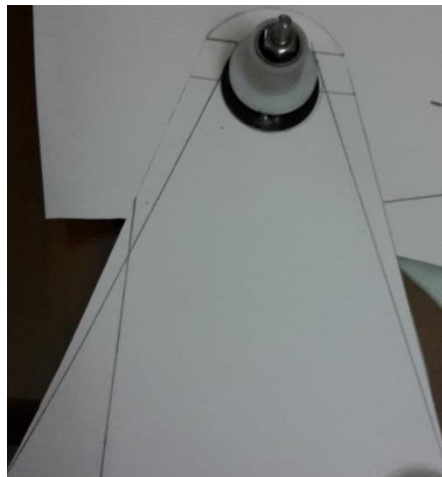
Πάνω στη δεύτερη βάση στήριξης έχουν τοποθετηθεί κάθετα δύο ξύλινα πλαϊνά στηρίγματα. Στόχος αυτών είναι να κρατούν τη βάση πάνω στην οποία θα τοποθετηθεί το όπλο. Το ύψος των πλαϊνών τοιχωμάτων υπολογίστηκε με βάση το μέγεθος του γεμιστήρα του όπλου που χρησιμοποιήθηκε. Αυτό έγινε για λόγους ευκολίας, καθώς θα πρέπει να μπορεί εύκολα ο χρήστης να αλλάξει το γεμιστήρα του όπλου χωρίς να χρειάζεται να αποσυναρμολογεί ολόκληρη την κατασκευή. Στην Εικόνα 90 παρουσιάζεται η μέχρι τώρα πορεία της κατασκευής.

Ανάμεσα στα πλαϊνά στηρίγματα συνδέεται η βάση πάνω στην οποία θα στηριχθεί το όπλο. Η βάση αυτή έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται. Για να δημιουργηθεί η βάση

στήριξης του όπλου, πρέπει πρώτα το όπλο να κεντραριστεί (να βρεθεί το κέντρο βάρους του), ώστε να μην υπάρχει κάποια δυσκολία κατά την κίνησή του (λόγω βάρους, το όπλο μπορεί να πέφτει μετά από κάποια απότομη κίνηση). Και η σύνδεση της βάσης αυτής με τα στηρίγματα γίνεται με τη βοήθεια ρουλεμάν για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Στην Εικόνα 91 παρουσιάζεται ο αρχικός σχεδιασμός του ενός πλαϊνού στηρίγματος με το ρουλεμάν και τον άξονα που θα χρησιμοποιηθούν.



Εικόνα 90: Πρώτη και δεύτερη βάση στήριξης με τα πλαϊνά στηρίγματα της.



Εικόνα 91: Σχεδιασμός πλαϊνού στηρίγματος συνδεδεμένου με ρουλεμάν και τον έναν εκ των δύο αξόνων της βάσης του όπλου.

6.1.4 Επιλογή μηχανισμού

Το όπλο που χρησιμοποιήθηκε για την εν λόγω εργασία είναι το Nerf gun Alpha Trooper CS-12 (Εικόνα 92). Το όπλο αυτό είναι ημι-αυτόματο και περιέχει βελάκια από σφουγγάρι και χρησιμοποιείται κυρίως για εκφοβισμό. Το όπλο αυτό το επέλεξα καθώς μπορεί να διχοτομηθεί και γιατί έχει αυξημένη εμβέλεια βολής. Για να διχοτομήσει κανείς το όπλο αρκεί να αφαιρέσει τις βίδες που ενώνουν τα δύο μέρη του.

Στο πρώτο μισό μέρος του όπλου τοποθετείται ένα ηλεκτρονικό έμβολο (Εικόνα 93), στο οποίο ασκείται πίεση με την κατάλληλη εντολή. Το έμβολο αυτό συνδέεται με τα κατάλληλα ηλεκτρονικά μέσα ώστε να συμπιέζεται και να αποσυμπιέζεται την κατάλληλη στιγμή.



Εικόνα 92: Εικόνα του όπλου που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της κατασκευής.



Εικόνα 93: Ηλεκτρονικό έμβολο (solenoid) που χρησιμοποιήθηκε. Το έμβολο αυτό συνδέεται με τα κατάλληλα ηλεκτρονικά μέσα που αναφέρονται στην επόμενη ενότητα, ώστε με το κατάλληλο ρεύμα να συμπιέζεται και να αποσυμπιέζεται εγκαίρως.

Ολοκληρωμένη η κατασκευή απεικονίζεται Εικόνα 94. Η κάμερα τοποθετείται στο μπροστινό μέρος της κατασκευής, ακριβώς στο μέσο αυτής για να υπάρχει πλήρης εικόνα. Στην περίπτωση της δεύτερης έκδοσης του λογισμικού, η απλή USB κάμερα που χρησιμοποιείται, τοποθετείται στη βάση του όπλου ώστε το οπτικό πεδίο αυτής να είναι μεγαλύτερο και να έχει καλύτερη ευκρίνεια.



Εικόνα 94: Ολοκληρωμένη η κατασκευή του όπλου.

6.2 Ηλεκτρονικά μέσα και μεταφορά ρεύματος

Η καινοτομία που υπάρχει στο εν λόγω σύστημα ασφαλείας δεν αφορά μόνο την αναγνώριση προσώπου. Η κατασκευή που έχει δημιουργηθεί φέρει το καινοτόμο στοιχείο της μεταφοράς ρεύματος με επαγωγή. Στο πάνω μέρος της πρώτης βάσης υπάρχουν πέντε μεταλλικοί κύκλοι, όπως φαίνεται στην Εικόνα 95, οι οποίοι συνδέονται με καλώδια και μεταφέρουν ρεύμα. Στη δεύτερη περιστρεφόμενη βάση υπάρχει η κατάλληλη υποδομή, ώστε να γίνεται η μεταφορά ρεύματος στα καλώδια που είναι συνδεδεμένα με τη «σκανδάλη» και το servo του άξονα y, με την ελάχιστη μείωση.

Μέχρι στιγμής η μείωση που έχει επιτευχθεί μετά από αρκετές δοκιμές είναι ελάχιστη. Αυτό συμβαίνει διότι έχουμε φροντίσει οι μεταλλικοί κύκλοι να εφάπτονται με την υποδομή που έχει δημιουργηθεί για τη μεταφορά ρεύματος στη δεύτερη βάση. Ακόμη, το ρεύμα που

δίνουμε για τη συμπίεση της σκανδάλης είναι λίγο μεγαλύτερο, ώστε η οποιαδήποτε εισαγωγή μείωσης να μην επηρεάσει τη λειτουργία του όπλου.



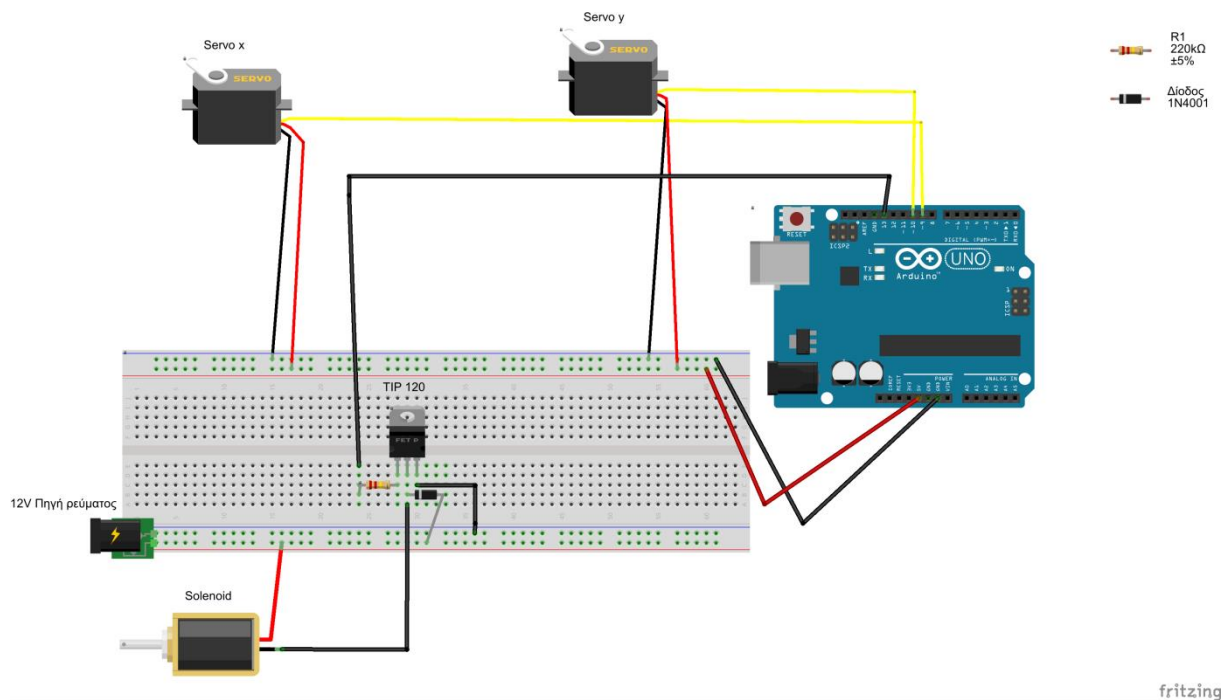
Εικόνα 95: Επάνω μέρος κεντρικής βάσης το οποίο φέρει πέντε μεταλλικούς κύκλους για τη μεταφορά ρεύματος. Κάθε μεταλλικός κύκλος αντιστοιχεί σε ένα καλώδιο στο οποίο πρέπει να μεταφερθεί ρεύμα ή ακόμη και εντολή (για την κατεύθυνση του servo y).

Στον Πίνακα 10 ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση όλων των υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί και στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται η συνδεσμολογία των ηλεκτρονικών μέσων που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση της κατασκευής. Η τιμή της αντίστασης, το τρανζίστορ καθώς και η διόδος που χρησιμοποιήθηκαν ελέγχθηκαν διεξοδικά, ώστε να φτάνουν 12V ρεύματος στο έμβολο χωρίς να έχουμε μείωση και χωρίς να υπάρχει κάποια καταστροφή στο μικροελεγκτή Arduino ή σε κάποιο άλλο εξάρτημα.

Πίνακας 10: Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της κατασκευής

Μικροελεγκτής	Arduino UNO
Μικροϋπολογιστής	Raspberry Pi 2
Αντίσταση	220kΩ
Τρανζίστορ	TIP 120
Δίοδος	1N4001

Έμβολο (σκανδάλη)	Solenoid
Breadboard	Breadboard
Servo	Hitec HS-425BB (Standard Size)
Servo - Hitec HS-422 (Standard Size).	



Σχήμα 6: Αναπαράσταση του ηλεκτρονικού κυκλώματος που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των κινήσεων του όπλου και της σκανδάλης. Η διόδος, η αντίσταση και το τρανζίστορ που χρησιμοποιήθηκαν είναι ανάλογα της παροχής ρεύματος (12V) που χρησιμοποιήθηκε.

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται αναλυτικό κοστολόγιο των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα εργασία.

Υλικό	Κόστος
Arduino UNO	23,20 €

Raspberry Pi 2	39,00 €
220kΩ	0,01 €
TIP 120	0,39 €
1N4001	0,0246 €
Solenoid	5,80 €
Breadboard	4,99 €
Servo - Hitec HS-425BB (Standard Size)	22,00 €
Servo - Hitec HS-422 (Standard Size).	14,00 €
Creative USB Camera Live! Sync	21,90 €
ASUS Xtion Pro Live	235,79 €
Nerf gun Alpha Trooper CS-12	28,00 €
Κόστος βάσης και πλαϊνών στηριγμάτων	60,00 €
Μεταλλική βάση στήριξης όπλου	40,00 €
Μεταλλικές ροδέλες και ρουλεμάν	20,00 €

Πίνακας 11: Κόστος εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της συσκευής.

Το συνολικό κόστος του συστήματος εξαρτάται από την κάμερα και την έκδοση που θα επιλέξει ο χρήστης. Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται τα συνολικά κόστη για όλες τις περιπτώσεις του συστήματος.

Έκδοση προγράμματος	Κάμερα και Υπολογιστής που χρησιμοποιούνται	Συνολικό κόστος κατασκευής
Πλήρης έκδοση	- ASUS Xtion Pro Live - Υπολογιστής με λειτουργικό Linux	454,20 €
Πλήρης έκδοση	- Creative USB Camera Live! Sync - Υπολογιστής με λειτουργικό Linux	240,31 €
Δεύτερη έκδοση	- Creative USB Camera Live! Sync - Υπολογιστής με πλακέτα Raspberry Pi 2	279,31 €

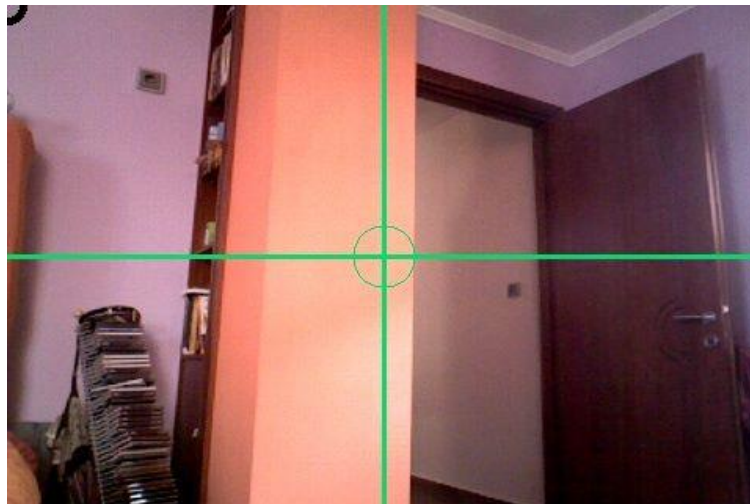
Πίνακας 12: Συνολικά κόστη της συσκευής με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς υλικών που μπορούν να γίνουν. Το όπλο που έχει υπολογιστή στο συνολικό κόστος είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα εργασία. Το κόστος αυξάνεται ή μειώνεται ανάλογα με την κάμερα την οποία θα θελήσει να χρησιμοποιήσει ο χρήστης.

Το συγκεκριμένο τρανζίστορ TIP 120, η αντίσταση 220kΩ, καθώς και η δίοδος 1N4001 επιλέχθηκαν καθώς το ρεύμα το οποίο απαιτείται για τη λειτουργία του ηλεκτρονικού εμβόλου είναι 12V. Για να μην υπάρξει κάποιο ενδεχόμενο καταστροφής του μικροελεγκτή Arduino UNO, επιλέχθηκαν ύστερα από έρευνα τα παραπάνω ηλεκτρονικά.

6.3 Σχεδιασμός και λειτουργία κατασκευής-συστήματος

Εφόσον έχει υλοποιηθεί η συνδεσμολογία των ηλεκτρονικών μέσων και έχει ολοκληρωθεί η ανάπτυξη του αλγορίθμου, σειρά έχει η λειτουργία του λογισμικού και του υλικού μέρους ως μια οντότητα. Για την ομαλή αλληλεπίδραση και τη λειτουργία όλων των συστημάτων είναι απαραίτητη η σωστή και άμεση επικοινωνία μεταξύ τους.

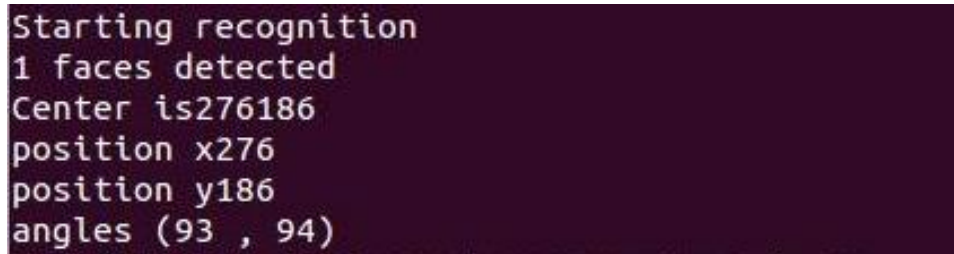
Η σύνδεση μεταξύ του μικροελεγκτή και του υπολογιστή γίνεται σειριακά, όπως και μεταξύ του μικροελεγκτή και του μικροϋπολογιστή Raspberry Pi. Η κάμερα είναι συνδεδεμένη με τον υπολογιστή ή το μικροϋπολογιστή αντίστοιχα και μεταφέρει τις συντεταγμένες μέσω του προγράμματος στο μικροελεγκτή Arduino UNO για να εκτελέσει την κίνηση. Στην Εικόνα 96 φαίνεται το κέντρο της εικόνας με πράσινο κύκλο. Η εικόνα διαθέτει ανάλυση 640x480 (οριζόντιος άξονας x κάθετος άξονας). Στην πάνω αριστερή γωνία, το μαύρο ημικύκλιο που έχει σχηματιστεί αντικατοπτρίζει το κέντρο των αξόνων (0,0).



Εικόνα 96: Αρχική οθόνη προγράμματος και λήψη συντεταγμένων. Το κέντρο της εικόνας αντιστοιχεί στις συντεταγμένες (240, 160) που είναι το ήμισυ της οριζόντιας και κάθετης ανάλυσης της κάμερας.

Οι συντεταγμένες που λαμβάνονται από το OpenCV αντιστοιχούν σε pixel και όχι σε μοίρες. Για παράδειγμα, αν το κέντρο ενός αντικειμένου βρίσκεται στη θέση (100, 83) εννοείται ότι είναι στο pixel 100 στον άξονα x (οριζόντια) και στο pixel 83 στον κατακόρυφο άξονα. Η μετατροπή τους στις κατάλληλες μοίρες γίνεται στο Arduino. Στην Εικόνα 97

παρουσιάζεται στιγμιότυπο του προγράμματος στο οποίο φαίνεται πως το κέντρο του προσώπου είναι στη θέση (276, 186) pixel και η μετατροπή του σε μοίρες είναι αντίστοιχα (93, 94). Η προσαρμογή των pixel σε μοίρες γίνεται με βάση τη λογική που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.



```
Starting recognition
1 faces detected
Center is276186
position x276
position y186
angles (93 , 94)
```

Εικόνα 97: Στιγμιότυπο προγράμματος στο οποίο παρουσιάζεται η θέση του κέντρου του προσώπου του ατόμου (σε pixel) και η μετατροπή της θέσης αυτής σε μοίρες (το αποτέλεσμα angles).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η μετατροπή των pixel σε μοίρες απαιτεί να ληφθούν υπόψη αρκετά χαρακτηριστικά, όπως το οπτικό πεδίο της κάμερας (οριζόντιο και κάθετο), τα pixel στα οποία έχει επιλεγεί να λειτουργεί το πρόγραμμα (640x480 στην παρούσα εργασία). Προτού γίνει η μετατροπή των pixel σε μοίρες, πρέπει το κέντρο του όπλου με εκείνο της κάμερας (320, 240) να είναι κοινά. Επιλέξαμε το κέντρο του όπλου να δείχνει στις 90°, χωρίζοντας τόσο το οριζόντιο όσο και το κάθετο οπτικό πεδίο της κάμερας σε ίσα διαστήματα. Η θέση της κάμερας πρέπει να είναι σταθερή, καθώς με την κίνηση της θα μεταβάλλονται και οι συντεταγμένες με αποτέλεσμα να πρέπει να ακολουθηθεί μια διαφορετική δομή αλγορίθμου.

Εφόσον έχει ολοκληρωθεί το κεντράρισμα μεταξύ όπλου και κάμερας, ξεκινά η ανάλυση του αλγορίθμου που ακολουθείται για τη μετατροπή των pixel στις αντίστοιχες μοίρες. Επειδή το όπλο είναι κεντραρισμένο στις 90°, προκύπτει πως με το οπτικό πεδίο της κάμερας να είναι ίσο με 58° στον οριζόντιο άξονα και κέντρο τις 90°, το όπλο θα έχει ελευθερία κίνησης από 61° έως 119°. Στον κάθετο άξονα, το οπτικό πεδίο της κάμερας είναι 45°,

επομένως η ελευθερία κίνησης του όπλου κυμαίνεται από 67° έως και 113^{o19} . Η μετατροπή των μοιρών γίνεται με βάση το Σχήμα 7 και τη γεωμετρική του επεξήγηση.

Τα 640 pixel αντιστοιχούν σε 58° στον οριζόντιο άξονα. Η γωνία α που σχηματίζεται στο Σχήμα 7 είναι το μισό του οριζόντιου οπτικού πεδίου της κάμερας, δηλαδή

$$\alpha = \frac{58}{2} = 29^\circ$$

Η πλευρά a που αντιστοιχεί στα pixel είναι ίση με

$$a = \frac{640}{2} = 320 \text{ pixel}$$

Βρίσκουμε τις εφαπτόμενες στις γωνίες α και β .

$$\tan(\alpha) = \frac{a}{d}$$

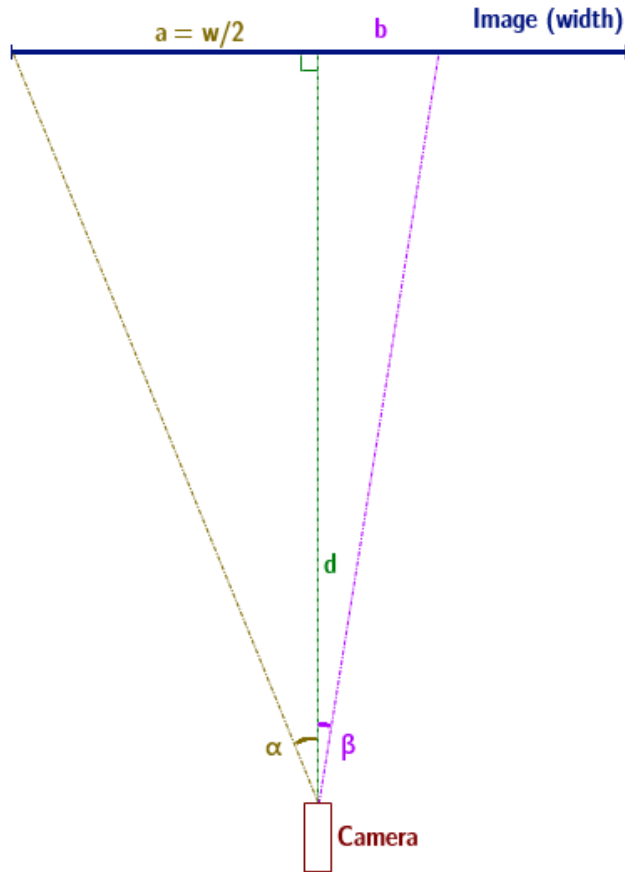
$$\tan(\beta) = \frac{b}{d}$$

Η τιμή της μεταβλητής b αντιστοιχεί στην απόσταση του σημείου από το κέντρο της εικόνας (offset), δηλαδή τα 320 pixel σε αυτή την περίπτωση. Πιο συγκεκριμένα, εάν ένα αντικείμενο είναι στη θέση 100 (στο εκατοστό pixel), τότε η τιμή του b είναι :

$$b = 320 - 100 = 220$$

Η τιμή μπορεί να φέρει τόσο θετικές όσο και αρνητικές τιμές. Εάν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό σημαίνει ότι η θέση του αντικειμένου βρίσκεται στη δεξιά πλευρά της εικόνας (μεγαλύτερη η τιμή των pixel). Αντίθετα, εάν η τιμή του b είναι θετική, τότε το αντικείμενο βρίσκεται στο αριστερό μέρος της εικόνας, φέρει δηλαδή μικρότερη τιμή από το 320 (συγκρίνουμε πάντα με το κέντρο της οθόνης).

¹⁹ Επειδή $45/2=22,5$, αλλά η μισή μοίρα δεν προσφέρει κάποια επιπλέον κίνηση στον άξονα y , επομένως στρογγυλοποιούμε το αποτέλεσμα στις 23ο και το αφαιρούμε/προσθέτουμε στις 90ο που είναι το κέντρο για να βρούμε αντίστοιχα την ελάχιστη ή τη μέγιστη ελευθερία κίνησης του όπλου.



Σχήμα 7: Σχηματική αναπαράσταση απόστασης κάμερας από το αντικείμενο για τη μετατροπή των pixel σε μοίρες.

Λύνοντας ως προς d και θεωρώντας το κοινή μεταβλητή, προκύπτει ότι:

$$\frac{a}{\tan(\alpha)} = \frac{b}{\tan(\beta)} \quad (1)$$

Εάν λύσουμε την εξίσωση (1) ως προς $\tan(\beta)$ προκύπτει:

$$\tan(\beta) = b * \frac{\tan(\alpha)}{a} \quad (2)$$

Το ζητούμενο είναι να βρούμε την τιμή του β , η οποία αντιστοιχεί στις μοίρες στις οποίες βρίσκεται το αντικείμενο στον άξονα x . Για να βρεθεί η τιμή αυτού πρέπει να βρούμε το τόξο της εφαπτομένης ($\arctan$ ή $\tan^{-1}$). Έτσι προκύπτει η βασική Εξίσωση 1:

$$\beta = \tan^{-1} \left(b * \frac{\tan(\alpha)}{a} \right)$$

Εξίσωση 1: Εξίσωση μετατροπής τιμών pixel σε μοίρες με βάση τριγωνομετρικές σχέσεις. Με βάση το αποτέλεσμα της εξίσωσης αυτής γίνεται η κίνηση του όπλου.

Το αποτέλεσμα που προκύπτει από την Εξίσωση 1 αφαιρείται από τις 90 μοίρες (κέντρο του όπλου) για να πάρουμε τις μοίρες στις οποίες θα κινηθεί το όπλο στον οριζόντιο άξονα. Για παράδειγμα, εάν το αντικείμενο βρίσκεται στη θέση 100 (pixel) στον άξονα x, τότε το αποτέλεσμα της Εξίσωσης 1 είναι:

$$\beta = \tan^{-1} \left((320 - 100) * \frac{\tan(29^\circ)}{320} \right) = 20,8 \approx 21$$

Επειδή το offset είναι θετικό, σημαίνει ότι το αντικείμενο βρίσκεται σε θέση μικρότερη από το κέντρο της κάμερας. Επομένως, το όπλο θα μετακινηθεί από τη θέση που βρίσκεται, στις $90 - 21 = 69^\circ$ μοίρες.

Η ίδια λογική ακολουθείται και για τη μετατροπή της θέσης του αντικειμένου σε μοίρες, μόνο που το a είναι ίσο με 240, ενώ η γωνία a είναι ίση με 22,5 μοίρες.

Τέλος, μετά την κίνηση του όπλου ακολουθεί η αναγνώριση του ατόμου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 98.

```
Starting recognition
1 faces detected
Center is276186
position x276
position y186
angles (93 , 94)
2758.36
label0
The label is0
Hello nikoleta:)
```

Εικόνα 98: Στιγμιότυπο από την εκτέλεση του προγράμματος όπου έχει αναγνωριστεί ο χρήστης "nikoleta", ο οποίος φέρει την ετικέτα μηδέν (0) και τη στιγμή της εκτέλεσης του προγράμματος βρίσκεται στη θέση (276, 186). Η τιμή 2758,36 αντιστοιχεί στο ποσοστό αναγνώρισης του αλγορίθμου.

Από την πλευρά του μικροελεγκτή γίνεται μόνο λήψη των δεδομένων και αποστολή τους στον κατάλληλο servo (μέσω του pin), ώστε να δοθεί η εντολή για την κίνηση στις αντίστοιχες μοίρες. Η βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται είναι η "Servo.h" και οι κύριες

εντολές του προγράμματος παρουσιάζονται και αναλύονται στις ακόλουθες εικόνες. Στην Εικόνα 99 παρουσιάζεται η αρχικοποίηση των συντεταγμένων του προγράμματος, καθώς και το εύρος του servo, ώστε σε κάποια αλλαγή servo να αλλάξει μόνο η τιμή της συγκεκριμένης μεταβλητής και όχι ολόκληρο το πρόγραμμα.

```
#include <Servo.h>
#define servocenterx 90 //center position on (x)
#define servocentery 90 //center position on (y)
#define servopinx 9 //digital pin for servo x
#define servopiny 10 //digital pin for servo y
#define baudrate 9600 //com port speed.
#define servorange 180
```

Εικόνα 99: Αρχικοποίηση των δεδομένων και χρήση της βιβλιοθήκης Servo.h για την κίνηση στους servo.

Εφόσον γίνει η κατάλληλη διαδικασία ανάθεσης στα pin που αντιστοιχούν σε κάθε servo, τότε εκτελούνται οι κύριες εντολές που φαίνονται στην Εικόνα 100. Η κίνηση γίνεται πρώτα στον άξονα x και έπειτα στον άξονα y, όπως φαίνεται και στον κώδικα της παρακάτω εικόνας.

```
void loop()
{
  if (Serial.available() > 3) {
    posx = Serial.parseInt();
    delay(5);
    posy = Serial.parseInt();
    trigger = Serial.parseInt();

    servox.write(posx);
    servoy.write(posy);
  }
}
```

Εικόνα 100: Στο παραπάνω κομμάτι κώδικα παρουσιάζεται η λήψη των τιμών από το κυρίως πρόγραμμα και η ανάθεση τους στους αντίστοιχους servo, ώστε να δοθεί η κίνηση στους αντίστοιχους άξονες.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι στη δεύτερη έκδοση του προγράμματος, εισάγεται μια μικρή καθυστέρηση, δύο δευτερολέπτων (2s) από τη στιγμή που θα δοθούν οι συντεταγμένες από τον υπολογιστή με πλακέτα Raspberry Pi 2 στον μικροελεγκτή, μέχρι την

κίνηση του όπλου στον άξονα x. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται στην αδυναμία παράλληλης επεξεργασίας και αποστολής των δεδομένων μέσω σειριακής επικοινωνίας.

Αντίθετα, στην πρώτη και πλήρη έκδοση του λογισμικού, το όπλο δεν παρουσιάζει κάποια καθυστέρηση κατά την κίνησή του στους άξονες. Ωστόσο, εισάγεται μια φυσιολογική καθυστέρηση τη στιγμή της αναγνώρισης (από την πλευρά του προγράμματος), καθώς το πρόγραμμα πρέπει πρώτα να αναγνωρίσει το άτομο και μετά να δώσει την κατάλληλη εντολή στο όπλο.

6.4 Ασφάλεια και μοντέλο ανάλυσης συστήματος

Σημαντικός πυλώνας κατά την ανάπτυξη τόσο του λογισμικού, όσο και της κατασκευής αποτελεί η ασφάλεια ολόκληρου του συστήματος που θα δημιουργηθεί. Για την ανάπτυξη ενός επιτυχημένου συστήματος ασφαλείας, πρέπει πρώτα το ίδιο το σύστημα να είναι ασφαλές και να τηρεί κάποιες προϋποθέσεις. Παραδείγματος χάρη, δεν πρέπει να γίνεται είσοδος μη αναγνωρισμένων χρηστών στο σύστημα ή να υπάρχει ακόμη και κίνδυνος διαρροής των κωδικών εισόδου των χρηστών σε κακόβουλους χρήστες. Κατά την ανάπτυξη του συστήματος αυτού έχουν ληφθεί υπόψη οι κατάλληλες προϋποθέσεις ώστε να μειωθούν τα κενά ασφαλείας, καθώς κάτι τέτοιο θα δημιουργούσε ένα σύστημα το οποίο θα προσέφερε ασφάλεια την ίδια στιγμή που αυτό θα ήταν τρωτό και έρμαιο σε οποιοδήποτε κακόβουλο χρήστη.

Στο κεφάλαιο 5 αναφέρονται τα χαρακτηριστικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη της σελίδας, με σκοπό να αποτραπούν επιθέσεις, όπως SQL injections. Κατά την ανάπτυξη της ιστοσελίδας, η οποία αποτελεί πηγή εισόδου των δεδομένων και είναι ένα από τα άμεσα βαλλόμενα στοιχεία σε περιπτώσεις όπου κάποιος θέλει να επιτεθεί στο σύστημα, χρησιμοποιήθηκε κρυπτογράφηση των κωδικών των χρηστών και επικύρωση των στοιχείων εισόδου με τους κατάλληλους ελέγχους. Η κρυπτογράφηση όλων των κωδικών που χρησιμοποιούνται από όλους τους χρήστες γίνεται πριν την αποστολή τους στο διακομιστή. Η συνάρτηση που χρησιμοποιείται είναι η md5 και έχει ως στόχο να αποφευχθεί το «ψάρεμα» του κωδικού ενός χρήστη (phishing). Ωστόσο, ακόμη κι αν καταφέρει κάποιος κακόβουλος

χρήστης να πάρει τον κωδικό που επιθυμεί, η αποκρυπτογράφησή αυτού θα είναι μια αρκετά δύσκολη διαδικασία.

Για λόγους ασφαλείας, επίσης, έχει γίνει και ο κατάλληλος διαχωρισμός δικαιωμάτων ανάμεσα στο διαχειριστή και το χρήστη. Για την αποφυγή εγγραφής ατόμων που δεν πρέπει να υπάρχουν στο σύστημα, έχει δοθεί το δικαίωμα της εγγραφής και της επιλογής του τύπου δικαιωμάτων που θα έχει ο νέος χρήστης (type of user) αποκλειστικά και μόνο στο διαχειριστή. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η περίπτωση εισβολής κάποιου χρήστη στο σύστημα με λανθασμένα στοιχεία ή type of user, καθώς γίνεται ο κατάλληλος έλεγχος στον php κώδικα που τον εμποδίζει να μπει στο σύστημα.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό που προσδίδει ασφάλεια στο σύστημα είναι ο κατακερματισμός, δηλαδή οι συναρτήσεις, οι κωδικοί και οι έλεγχοι επικύρωσης βρίσκονται σε διαφορετικά αρχεία τα οποία ανταλλάσσουν, όταν κρίνεται απαραίτητο, πληροφορίες είτε μεταξύ τους είτε απευθείας με τη βάση δεδομένων.

Το κυρίως λογισμικό φέρει κι αυτό τις απαραίτητες δικλίδες ασφαλείας, ώστε να είναι απαλλαγμένο από προειδοποιητικά μηνύματα και περιττά στοιχεία. Σημαντικό στοιχείο ασφαλείας αποτελεί η επικοινωνία μέσω ηλεκτρονικών μηνυμάτων (e-mail) μεταξύ του χρήστη και του συστήματος κατά την οποία στέλνονται και φωτογραφίες των ατόμων που εισέρχονται στο χώρο. Έτσι ακόμη και σε περιπτώσεις μη λειτουργίας της κατασκευής, ο χρήστης του συστήματος θα μπορέσει είτε μέσα από την ιστοσελίδα, είτε μέσα από κάποιο ενημερωτικό e-mail να ενημερωθεί για την είσοδο κάποιου άγνωστου ατόμου στο χώρο του.

Όσον αφορά την κατασκευή, η ασφάλεια αυτής βασίζεται κυρίως στα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν. Η επιλογή των υλικών έγινε με γνώμονα την πιο εύκολη λειτουργία της κατασκευής και τη διατήρηση της ομαλότητας των κινήσεων. Χαρακτηριστικά, η κύρια βάση αποτελεί τον αποθηκευτικό χώρο του μικροελεγκτή και του μικροϋπολογιστή, όχι μόνο για τη δημιουργία ενός ενσωματωμένου συστήματος, αλλά και για λόγους ασφαλείας. Όπως έχει προαναφερθεί στην παρουσίαση του συστήματος, η κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εξωτερικούς χώρους, επομένως δημιουργήθηκε ο εν λόγω αποθηκευτικός χώρος με στόχο την ασφάλεια των ηλεκτρονικών μέσων, που είναι απαραίτητα για την κίνηση του όπλου.

Εκτός από καινοτόμο χαρακτηριστικό, η μετάδοση του ρεύματος με τη μέθοδο της απαγωγής αποτελεί και στοιχείο το οποίο ενισχύει την ασφάλεια του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, με τη χρήση εξωτερικών καλωδίων θα υπήρχαν οι ανάλογες φθορές

μελλοντικά, κάτι το οποίο θα μείωνε τη λειτουργία του συστήματος σε βάθος χρόνου. Με τη χρήση της μεθόδου της επαγωγής, το ρεύμα μεταφέρεται από την «πηγή» στο όπλο χωρίς καμία μείωση, χωρίς να παρεμποδίζει κάποια μελλοντική επέκταση του συστήματος, χωρίς να εισάγεται κάποιος θόρυβος, και μειώνονται οι πιθανότητες κάποιας κακόβουλης ενέργειας για την απενεργοποίηση του όπλου (π.χ. να κοπούν τα καλώδια για να μην μεταφέρεται το ρεύμα και κινείται το όπλο).

Μοντέλο ανάλυσης συστήματος (S.W.O.T.)

Κατά την ανάπτυξη του μοντέλου ανάλυσης αναφέρονται τα δυνατά σημεία, οι αδυναμίες, οι ευκαιρίες και οι απειλές που έχει το σύστημα το οποίο έχει δημιουργηθεί. Οι ανάλυση των παραπάνω χαρακτηριστικών βοηθά αρχικά στον καθορισμό των απαιτήσεων του συστήματος και στην μετέπειτα βελτίωσή του. Σύμφωνα με το μοντέλο S.W.O.T (Strengths, Weakness, Opportunities, Threats) κάθε σύστημα έχει εσωτερικούς (δυνατά και αδύναμα σημεία του συστήματος) και εξωτερικούς (ευκαιρίες και απειλές) παράγοντες, δηλαδή θετικά και αρνητικά χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν την εξέλιξη του και ίσως, σε κάποιες περιπτώσεις, μειώνουν τη λειτουργικότητά του.

Στο σύστημα το οποίο παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία, προσπάθησα να το σχεδιάσω και να το αναπτύξω, με τα κατάλληλα εργαλεία, έχοντας ως γνώμονα την αύξηση των θετικών του χαρακτηριστικών και την ελάττωση των αρνητικών. Το κύριο θετικό στοιχείο του συστήματος το οποίο το κάνει να ξεχωρίζει από τα όμοιά του είναι η αναγνώριση προσώπου. Μέχρι πρότινος κανένα παρόμοιο σύστημα δεν χρησιμοποιούσε αναγνώριση προσώπου σε πραγματικές συνθήκες (real time). Τα περισσότερα συστήματα βασίζονται στην ανίχνευση κίνησης και ανίχνευση προσώπου ή σήματος (pattern recognition). Το σύστημα που υλοποίησα έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει σε τρεις πιθανές καταστάσεις ξεχωριστά ή και σε παράλληλη λειτουργία (όπως είναι η πλήρης έκδοση του συστήματος), χωρίς κάποια από τις λειτουργίες αυτές να παρεμποδίζει την ομαλή λειτουργία των υπολοίπων.

Ακόμη ένα θετικό στοιχείο του συστήματος είναι η χρήση πολλαπλών καμερών και η δημιουργία δύο εκδόσεων. Οι επιλογές του χρήστη είναι αρκετές καθώς μπορεί ανάλογα με την οικονομική του δυνατότητα και τη χρήση για την οποία προορίζει τη συσκευή, να

επιλέξει το αντίστοιχο ενσωματωμένο σύστημα και να το διαμορφώσει με τα χαρακτηριστικά που ο ίδιος επιθυμεί. Ακόμη, η χρήση της στερεοσκοπικής κάμερας δίνει το έναυσμα σε άτομα που θέλουν να ασχοληθούν με την επεξεργασία εικόνας και με το εν λόγω θέμα, να χρησιμοποιήσουν τη λογική της κατασκευής αυτής και να την επεκτείνουν προσθέτοντας της κι άλλα χαρακτηριστικά.

Επίσης, το δεύτερο καινοτόμο χαρακτηριστικό μετά την αναγνώριση, η επαγωγική κίνηση, αποτελεί δυνατό σημείο του συστήματος καθώς μειώνονται οι φθορές στα καλώδια, ο θόρυβος και φέρει η κατασκευή περισσότερους βαθμούς ελευθερίας κίνησης, οι οποίοι είναι απαραίτητοι σε περιπτώσεις επέκτασης. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ακόμη πως κύρια χαρακτηριστικά της κατασκευής αποτελούν η μεταφερσιμότητα, η εύκολη εγκατάσταση του προγράμματος, η εύκολη λειτουργία του μέσα από ένα αρκετά εύχρηστο περιβάλλον και ο απομακρυσμένος έλεγχος.

Από την άλλη πλευρά, ένα σύστημα είναι δύσκολο να είναι απεγάδιαστο. Το εν λόγω σύστημα φέρει κάποια αδύναμα σημεία σε κάθε κομμάτι του. Πιο συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4, η επεξεργασία εικόνας είναι μια διαδικασία κατά την οποία δεν μπορεί να προσπελαστεί ο θόρυβος που υπάρχει από το φως. Ο φωτισμός ενός δωματίου κατέχει σημαντικό ρόλο, και ανάλογα με τις μεθόδους που θα χρησιμοποιηθούν θα υπάρξει αυξομείωση του. Στο εν λόγω σύστημα, ο θόρυβος που προκύπτει από το φως προκαλεί δυσκολία στην επεξεργασία της εικόνας κατά τη διαδικασία της αναγνώρισης, καθώς η διαφορά φωτισμού ανάμεσα στο χώρο στον οποίο λειτουργεί το σύστημα και στο χώρο όπου έχουν φωτογραφηθεί τα άτομα που καλούνται για αναγνώριση, είναι αισθητή και πολλές φορές αλλοιώνεται το αποτέλεσμα της αναγνώρισης.

Τέλος, το κυριότερο αδύναμο σημείο της κατασκευής είναι η παροχή ρεύματος. Αφενός, σε περίπτωση χρήσης ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν τίθεται θέμα παροχής ρεύματος, καθώς ο μικροελεγκτής Arduino θα πρέπει να είναι συνδεδεμένος στον υπολογιστή από όπου και θα αντλεί τόσο δεδομένα, όσο και ενέργεια. Αφετέρου, στην περίπτωση χρήσης μιας πλακέτας Raspberry Pi, είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιας πηγής συνεχούς ρεύματος (πρίζα) σε ένα σημείο πολύ κοντά στην κατασκευή, ώστε το Raspberry Pi να συνδεθεί άμεσα με αυτή. Το αδύναμο σημείο αφορά την περίπτωση διακοπής ρεύματος, καθώς σε μια τέτοια περίπτωση δεν θα υπάρχει καθόλου παροχή ρεύματος και επομένως δεν θα μπορεί να λειτουργήσει ολόκληρο το σύστημα.

7

Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την υλοποίηση ενός αμυντικού ρομποτικού συστήματος που αποτελεί ενσωματωμένο σύστημα. Στον τίτλο του, το σύστημα αυτό φέρει τον τίτλο *υβριδικό*, καθώς κατά την εκπόνησή του αναπτύχθηκαν δύο εκδόσεις λογισμικού για την κάλυψη όλων των αναγκών. Το σύστημα είναι αξιόπιστο, εύκολο στη διαχείριση, παρέχει απομακρυσμένο έλεγχο, λειτουργεί σε συνθήκες πραγματικού χρόνου και φέρει καινοτόμα στοιχεία συγκριτικά με παρόμοια αμυντικά συστήματα.

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής χωρίστηκε σε τέσσερα στάδια. Το πρώτο στάδιο ήταν η ανάπτυξη της εφαρμογής στην πλήρη εκδοχή της, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει σε έναν υπολογιστή με περιβάλλον Linux. Το δεύτερο στάδιο ήταν η αντιμετώπιση των προβλημάτων που προέκυψαν κατά τη μεταφορά του προγράμματος στο Raspberry Pi και η υλοποίηση της δεύτερης εκδοχής της εφαρμογής. Στο τρίτο στάδιο βρίσκεται η δημιουργία της κατασκευής του όπλου και η συγγραφή του κώδικα για το Arduino, ώστε να της δώσει κίνηση. Στο τελευταίο στάδιο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε η σελίδα η οποία αποτελεί τη διεπαφή του χρήστη και συνδετικό κρίκο με την κατασκευή και την εφαρμογή.

7.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Το αμυντικό σύστημα που υλοποιείται στην εν λόγω διπλωματική εργασία δημιουργήθηκε με σκοπό να παρέχει ασφάλεια στον χρήστη και στο χώρο τον οποίο φρουρεί γενικότερα. Επίσης, ο χρήστης θα μπορεί αν το ελέγξει απομακρυσμένα από την ιστοσελίδα που έχει δημιουργηθεί για το λόγο αυτό. Μέσω της ιστοσελίδας παρέχεται η δυνατότητα ενεργοποίησης, απενεργοποίησης, χρονοπρογραμματισμού των συσκευών καθώς και ζωντανή μετάδοση της εικόνας από το χώρο. Ο διαχειριστής μπορεί επίσης μπορεί να επεξεργαστεί τα στοιχεία και τις εικόνες των υπολοίπων χρηστών.

Η πλατφόρμα που υλοποιήθηκε παρουσιάζει καινοτόμα στοιχεία, έναντι αντίστοιχων προϊόντων με παρόμοια λειτουργικότητα. Τα υπόλοιπα συστήματα που λειτουργούν με σκοπό την παροχή ασφάλειας στους χρήστες, εκτελούν μόνο ανίχνευση κίνησης ή κάποιου είδους αναγνώριση, όπως αναγνώριση κινήσεων ή σήματος. Η παρούσα εφαρμογή διαφοροποιεί την έννοια του αμυντικού συστήματος, εισάγοντάς τη στο πεδίο της αναγνώρισης προσώπου. Μπορεί να έχουν αναπτυχθεί στο παρελθόν διάφοροι αλγόριθμοι και τεχνικές που να αφορούν την αναγνώριση προσώπου, καμία ωστόσο δεν είχε συνδυαστεί με την ανάπτυξη και τη λειτουργία ενός αμυντικού συστήματος.

Εκτός από τα καινοτόμα στοιχεία που παρουσιάζονται, η παρούσα εργασία παρουσιάζει πλήθος πλεονεκτημάτων. Αρχικά, δεν υπάρχει περιορισμός στον τύπο της κάμερας που θα χρησιμοποιηθεί στην έκδοση για τον υπολογιστή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποια στερεοσκοπική κάμερα που να έχει οδηγούς για λειτουργικό σύστημα Linux, μια οποιαδήποτε απλή USB κάμερα ή ακόμη και η ενσωματωμένη κάμερα του υπολογιστή. Στην έκδοση του Raspberry Pi υπάρχει ο περιορισμός χρήσης μιας απλής USB κάμερας κι αυτό συμβαίνει επειδή η εφαρμογή πρέπει να λειτουργεί σε συνθήκες πραγματικού χρόνου.

Άλλο ένα πλεονέκτημα του συστήματος είναι η επεκτασιμότητα και οι δυνατότητες εύκολης ενσωμάτωσης των λειτουργιών που αυτό παρέχει, σε εξωτερικές υλοποιήσεις του χρήστη. Εάν δηλαδή ο χρήστης επιθυμεί να πραγματοποιήσει διαφορετικούς αυτοματισμούς και να επεκτείνει τη λειτουργικότητα της κατασκευής, θα έχει τη στήριξη του ιστοχώρου καθώς και της εφαρμογής.

Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός ότι το κόστος κατασκευής του υλικού είναι αρκετά μικρότερο από αντίστοιχες εμπορικές εφαρμογές, και μπορεί να ελαττωθεί περαιτέρω, με τη χρήση διαφορετικών υλικών κατασκευής.

Πέρα από τα πλεονεκτήματα που έχει η παρούσα διπλωματική, υπάρχει κι ένα ερευνητικό μέρος πίσω από την ανάπτυξη της αναγνώρισης προσώπου. Καθώς το πεδίο αυτό βρίσκεται ακόμη σε παρθενικό στάδιο, έπρεπε να γίνουν αρκετοί πειραματισμοί και μελέτες, προκειμένου να παραχθεί ένα αξιόπιστο και αξιόλογο αποτέλεσμα. Όσον αφορά τους αλγόριθμους αναγνώρισης, επιλέχθηκε ο Fisherfaces μετά από αρκετές δοκιμές. Αρχικά δοκιμάστηκαν και οι τρεις αλγόριθμοι αναγνώριση, απορρίφθηκε ο Local Binary Patterns Histograms και έτσι, η δοκιμή συνεχίστηκε ανάμεσα στο Fisherfaces και τον αλγόριθμο Eigenfaces, επιλέχθηκε όμως εκείνος με τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Στην περίπτωση που υπάρχουν μεγάλες βάσεις δεδομένων εικόνων μπορεί να χρησιμοποιηθούν και οι δύο αλγόριθμοι. Σε περιπτώσεις βάσεων δεδομένων ο αριθμός των δειγμάτων εικόνων δεν είναι αυξημένος, τότε η διαφορά των αποτελεσμάτων είναι ελάχιστη. Με τη χρήση του συγκεκριμένου αλγόριθμου επιτυγχάνεται αυξημένη αναγνωσιμότητα της τάξης του 68 - 75%.

Το ποσοστό επιτυχίας αναγνώρισης δεν εξαρτάται μόνο από τον αλγόριθμο που θα χρησιμοποιηθεί, αλλά και από το μέγεθος του δείγματος εικόνων. Ανάλογα με τον αριθμό των εικόνων που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων αναγνώρισης, παράγονται και τα ανάλογα αποτελέσματα. Έχει παρατηρηθεί πως όσο μικρότερος είναι ο αριθμός του δείγματος εικόνων που λαμβάνεται για κάθε άτομο, τόσο μικρότερα είναι και τα αποτελέσματα της αναγνώρισης. Πιο συγκεκριμένα, στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το ποσοστό επιτυχημένης αναγνώρισης συγκριτικά με τον αριθμό των φωτογραφιών που συλλέχθηκαν για ένα άτομο. Τονίζεται ότι έχουν εκτελεστεί όλες οι απαραίτητες ενέργειες για την αφαίρεση του θορύβου μιας εικόνας πριν τη μέτρηση του ποσοστού αναγνώρισης.

Φωτογραφίες κατ' άτομο	Επιτυχημένο ποσοστό αναγνώρισης με τον αλγόριθμο Fisherfaces
5	15 - 20%
10	40 - 50%
15	65 – 70%

Πίνακας 13: Σύγκριση ποσοστού επιτυχημένης αναγνώρισης με αριθμό δείγματος φωτογραφιών. Το ποσοστό αναγνώρισης που αναγράφεται αφορά ένα δείγμα φωτογραφιών που έχει χρησιμοποιηθεί για ένα μεμονωμένο άτομο.

Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το δείγμα, αυξάνεται και το ποσοστό επιτυχίας. Τα αποτελέσματα αυτά είναι πειραματικά και σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν ασφαλή κριτήριο επιλογής πλήθους φωτογραφιών για τη δημιουργία του δείγματος αναγνώρισης.

Επιπροσθέτως, δοκιμές έχουν γίνει και για τις τιμές του κατωφλιού σε όλα τα σημεία που αυτό έχει χρησιμοποιηθεί. Οι τιμές αυτές ποικίλουν από χώρο σε χώρο λόγω έντασης του φωτός και εισαγωγής θορύβου στην εικόνα, γι αυτό χρειάστηκε αρκετός καιρός και πειράματα μέχρι να βρεθούν οι τελικές τιμές για την κάθε εφαρμογή. Για τον υπολογισμό των τιμών αυτών έχουν ληφθεί υπόψη και οι διαφορές στα χαρακτηριστικά της κάθε κάμερας που χρησιμοποιείται.

Η επιλογή να χρησιμοποιηθεί και στερεοσκοπική κάμερα στην εργασία και να δημιουργηθούν δύο εκδόσεις έγινε για ερευνητικούς σκοπούς. Στόχος ήταν να διερευνηθεί μέσα από συγκριτικές μελέτες για την ανίχνευση και πειραματισμούς, κατά πόσο αλλοιώνει το φως τα χαρακτηριστικά του συστήματος. Οι στερεοσκοπικές κάμερες, λόγω του ότι λαμβάνουν εικόνα από δύο κάμερες και τη συνδυάζουν για να επιτύχουν την στερεοσκοπική απεικόνιση, έχουν τη δυνατότητα να μειώνουν το θόρυβο που προκαλείται από το φως. Βέβαια επειδή η λειτουργία τους βασίζεται στην χρήση της υπέρυθρης ακτινοβολίας, και δεν μπορεί να παρακαμφθεί, δεν συνίσταται ένα σύστημα με στερεοσκοπική κάμερα να λειτουργήσει σε εξωτερικό χώρο καθώς δεν θα παράγεται εικόνα. Αντίθετα, η κλασσική απλή

USB κάμερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε εσωτερικούς, όσο και σε εξωτερικούς χώρους. Στην περίπτωση αυτή, η εισαγωγή θορύβου λόγω φωτός είναι αρκετή.

Εν κατακλείδι, το παρόν ενσωματωμένο σύστημα αποτελεί μια οικονομική, αξιόπιστη λύση αμυντικού συστήματος. Θέλουμε να πιστεύουμε ότι το σύστημα αυτό θα αποτελέσει πόλο έλξης συζητήσεων σχετικά με την ανάπτυξη του τομέα της αναγνώρισης προσώπων και τη δημιουργία αλγορίθμων και τεχνικών μείωσης του θορύβου που προκαλείται από το φως στις εικόνες, για μελλοντικές εφαρμογές.

7.2 Προβλήματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας προέκυψε ένα πλήθος ζητημάτων τα οποία αποτέλεσαν πρόκληση ως προς τον τρόπο επίλυσής τους, τόσο σε επίπεδο υλικού, όσο και λογισμικού.

Το πρώτο πρόβλημα που έπρεπε να ξεπεραστεί είναι το πρόβλημα του θορύβου στις εικόνες που λαμβάνονται από την κάμερα. Ο θόρυβος αυτός προκαλούνταν είτε από την ένταση του φωτός στο χώρο ή από την επεξεργασία της εικόνας. Για να μπορέσει να απομακρυνθεί ο θόρυβος αυτός χρησιμοποιήθηκαν τα κατάλληλα φίλτρα με τα οποία αφαιρείται από την εικόνα κάθε περιττό pixel το οποίο έχει παρεισφρήσει. Επίσης, για να βρεθεί το κατάλληλο κατώφλι για τη μείωση του θορύβου που προκαλείται από την ένταση του φωτός, έγινε δοκιμή διαφόρων τιμών καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας (για τη λήψη ιδανικών τιμών σε σχέση με το φως του ηλίου που εισέρχεται σε ένα χώρο), καθώς και σε διάφορους διαφορετικούς φωτισμούς (λάμπες με αυξημένη ένταση φωτός κ.α.). Πρέπει να σημειωθεί ότι ο θόρυβος που προκαλείται από το φως μπορεί να δημιουργήσει τεράστια προβλήματα κατά την εκτέλεση προγραμμάτων που βασίζονται στην επεξεργασία εικόνων.

Ακόμα μια πρόκληση αποτέλεσε η λήψη των δειγμάτων εικόνων τα οποία χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση του αλγορίθμου. Στη βιβλιογραφία δεν υπάρχει σαφής τρόπος λήψης δειγμάτων εικόνων που χρησιμοποιούνται για εκπαίδευση και κατ' επέκταση για αναγνώριση. Για να επιτευχθεί ένα αυξημένο και αξιοπρεπές ποσοστό αναγνώρισης, έπρεπε να γίνουν όλες οι απαραίτητες έρευνες και δοκιμές ώστε να γίνει η ανάλογη λήψη, επεξεργασία και κατηγοριοποίηση των δειγμάτων.

Στην πορεία της εκπόνησης, παρουσιάστηκαν και προβλήματα που αφορούσαν τις δυνατότητες των διαφόρων συστημάτων. Ο μικροϋπολογιστής Raspberry Pi που χρησιμοποιήθηκε έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τη βιβλιοθήκη OpenCV σε συνεργασία με τη βιβλιοθήκη OpenNI. Η λήψη εικόνων από μια στερεοσκοπική κάμερα μπορεί να γίνει κανονικά, παρουσιάζει όμως μεγάλη καθυστέρηση στην ανανέωση των εικόνων που λαμβάνονται. Εκτός αυτού, λόγω χαμηλής επεξεργαστικής ισχύος του συγκεκριμένου μικροϋπολογιστή δεν ήταν δυνατή η ταυτόχρονη λήψη εικόνας από μια στερεοσκοπική κάμερα και η επεξεργασία της. Αντίθετα, ο υπολογιστής, εφόσον διαθέτει αυξημένη επεξεργαστική ισχύ, έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει τις διεργασίες τις οποίες πρέπει να γίνουν ώστε να ληφθεί εικόνα, να επεξεργαστεί και να παραχθούν αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν δύο εκδόσεις της εφαρμογής.

Πριν δημιουργηθεί και μια δεύτερη έκδοση έγιναν και άλλοι πειραματισμοί που αφορούσαν εργαλεία τα οποία εκτελούν παράλληλη επεξεργασία του προγράμματος χρησιμοποιώντας όλους τους πυρήνες ενός επεξεργαστή. Η βιβλιοθήκη που χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό ήταν η OpenMP. Ωστόσο, ακόμη και με τη χρήση του OpenMP δεν ήταν εφικτή η μείωση της καθυστέρησης. Για να ελεγχθεί εάν θα υπήρχε η πιθανότητα χρήσης της πλήρους έκδοσης στο Raspberry Pi, δοκιμάστηκε η πλήρης εφαρμογή και στο Raspberry Pi 2 που έχει μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ από το μοντέλο Raspberry Pi 1. Και στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκε η παραπάνω βιβλιοθήκη. Δυστυχώς, όμως το αποτέλεσμα δεν ήταν το επιθυμητό αν και η καθυστέρηση μειώθηκε αισθητά. Μετά από όλες αυτές τις δοκιμές αποφασίστηκε η δημιουργία δύο εκδόσεων της εφαρμογής, για να μπορεί να λειτουργεί σε όποιο μικροϋπολογιστή κι αν χρησιμοποιηθεί χωρίς να υπάρχουν περιορισμοί.

Το τελευταίο πρόβλημα που έπρεπε να ξεπεραστεί για την ομαλή λειτουργία του συστήματος, αφορά την κατασκευή. Οι servos που χρησιμοποιήθηκαν έπρεπε να έχουν τόσο τη δυνατότητα της περιστροφής όλου του όγκου της κατασκευής, όσο και χαμηλή τιμή για να μην αυξηθεί δραματικά το κόστος της κατασκευής. Επομένως, έπρεπε να αναπτυχθούν τεχνικές και να χρησιμοποιηθούν υλικά, όπως το ρουλεμάν που χρησιμοποιήθηκε, που να μειώνουν το φορτίο της κατασκευής καθώς να μπορούν να κινούν τόσο το όπλο όσο και τη βάση άμεσα κατά την ανίχνευση του στόχου.

Πρόκληση επίσης αποτέλεσε η δημιουργία μιας διεπαφής χρήστη η οποία θα μπορεί να παρέχει ένα πλήθος δυνατοτήτων οι οποίες θα είναι εύκολες στο χειρισμό. Ο σχεδιασμός της ιστοσελίδας έγινε λαμβάνοντας υπόψη όλες του συστήματος και του χρήστη και πρέπει να

τονισθεί ότι η υλοποίησή του δε βασίστηκε σε υπάρχον framework αλλά υλοποιήθηκε εξ αρχής. Μέσα από την επαναλαμβανόμενη δοκιμή ενός πλήθους σεναρίων χρήσης, δόθηκε έμφαση στην προσθήκη χαρακτηριστικών, που διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό τις όποιες ενέργειες. Δόθηκε ακόμη ιδιαίτερη προσοχή στα μηνύματα σφάλματος που εμφανίζονται στο χρήστη καθώς θα πρέπει να είναι κατανοητά να στοχοποιούν το πρόβλημα.

7.3 Μελλοντικές επεκτάσεις

Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής προέκυψαν διάφορες σκέψεις και αναζητήσεις σχετικά με τη βελτιστοποίηση και την αύξηση αξιοπιστίας του συστήματος.

Βασική μελλοντική επέκταση αποτελεί η επέκταση του ήδη υπάρχοντος ενσωματωμένου συστήματος, με σκοπό να εκτελείται η πλήρης έκδοση της εφαρμογής. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί με τη σύνδεση και τη συνεργασία δύο μικροϋπολογιστών, για παράδειγμα του Raspberry Pi1 και του Raspberry Pi 2, με στόχο τη διαίρεση του κύριου προγράμματος και την εκτέλεση των διαδικασιών επί μέρους. Πιο συγκεκριμένα, το Raspberry Pi 1 θα μπορεί να λαμβάνει εικόνα από την κάμερα και με το Raspberry Pi 2 να την επεξεργάζεται. Η επέκταση αυτή έχει ξεκινήσει, ωστόσο δεν είναι σε ώριμο στάδιο ακόμη για να αναφερθούν τα αποτελέσματά της. Ωστόσο, υπάρχουν αυξημένες πιθανότητες να λειτουργήσει το πλήρες πρόγραμμα με μια τέτοια συνεργασία μικροϋπολογιστών.

Μια ακόμη επέκταση θα μπορούσε να αφορά τους αλγορίθμους αναγνώρισης ή κίνησης που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία. Θα μπορούσε μελλοντικά να διερευνηθούν περισσότερο οι τακτικές που υπάρχουν στη βιβλιογραφία, ώστε να αυξηθούν τα ποσοστά αναγνώρισης των ατόμων. Επιπροσθέτως, θα μπορούσε να διερευνηθεί η αναγνώριση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών της ανατομίας του ανθρώπου, ώστε να γίνει χρήση του συστήματος στο μέλλον, σε ιατρικές επεμβάσεις ακριβείας.

Το σύστημα που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία έχει διάφορες, διαφορετικές λειτουργίες και χρήσεις. Αρχικά, μπορεί να χρησιμοποιείται για τη φύλαξη ενός χώρου, ωστόσο είναι κατάλληλο και για ερευνητικούς σκοπούς σε μέρη όπου είναι δύσκολο να εισέλθει ένας άνθρωπος. Παραδείγματος χάρη, θα μπορούσε το παρόν σύστημα να τοποθετηθεί σε ένα δάσος ή φυλασσόμενη περιοχή, και να ενεργοποιείται (μέσω του

εμβόλου και του λογισμικού) για να αποθηκεύει μια φωτογραφία σε περίπτωση που στο οπτικό του πεδίο εμφανιστεί ένα άγριο ζώο. Με τον τρόπο αυτό θα μπορεί να διερευνηθεί η τόσο η γλωρίδα, όσο και η πανίδα ενός συγκεκριμένου τόπου, χωρίς να απαιτείται να η παρουσία ανθρώπου.

Όσον αφορά την ιστοσελίδα, επιδέχεται αρκετή βελτίωση. Το κομμάτι το οποίο θα μπορούσε να αποτελεί επέκτασή της αφορά το χειροκίνητο έλεγχο της κατασκευής με στόχο τον απομακρυσμένο χειρισμό της από το χρήστη σε περιπτώσεις άμεσης ανάγκης. Για να υλοποιηθεί κάτι τέτοιο, θα πρέπει να επικοινωνεί ο μικροελεγκτής Arduino με το διαδίκτυο και κατ' επέκταση με τη σελίδα. Πιθανότατα να πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα Ethernet Shield.

Τέλος, για να επιτευχθεί μια πιο άμεση επικοινωνία του συστήματος με το χρήστη αλλά και πιο εύκολος απομακρυσμένος έλεγχος, μπορεί να αναπτυχθεί μια εφαρμογή για συσκευές Android η οποία θα δίνει στο χρήστη εικόνα του χώρου συνεχώς και θα τον ενημερώνει με κάποιο ηχητικό μήνυμα σε περίπτωση εισβολής.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] Ιωάννης Κωσταβέλης, Λάζαρος Ναλμπαντίδης και Αντώνιος Γαστεράτος, "Collision Risk assessment for autonomous robots by offline traversability learning", *ELSEVIER*, 2012.
- [2] Project Sentry Gun, <http://projectsentrygun.rudolphlabs.com/>, Ιούνιος 2016.
- [3] Daniel Chaparro-Altamirano, Ricardo Zavala-Yoe και Ricardo Ramirez-Mendoza, "Kinematic and Workspace Analysis of a Parallel Robot Used in Security Applications", International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering, 2013.
- [4] Gary Bradski, Adrian Kaehler, "Learning OpenCV", O'Reilly, 2008.
- [5] Λοΐζου Κωνσταντίνα, «Σχεδιασμός και κατασκευή εφαρμογής ταξινόμησης αντικειμένων σε γραμμή μεταφοράς προϊόντων με χρήση όρασης μηχανής», Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Κοζάνη, 2014.
- [6] Αιμίλιος Γ, «Στερεοσκοπική όραση», <http://bioproject.wdfiles.com/local--files/student-works-2014-15-a1/%CE%A3%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B5%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%8C%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7%20-%207.%20%CE%91%CE%B9%CE%BC%CE%AF%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CF%82%20%CE%93..pdf>, Ιούνιος 2016.
- [7] Στερεοσκοπία – Στερεοσκοπική όραση, http://www.hiphop.gr/forum_topic/84839/1, Ιούνιος 2016.
- [8] OpenNI, <http://openni.ru/openni-sdk/>, Ιούνιος 2016.

- [9] _Welling Luke, Thomson Laura, «Ανάπτυξη Web Εφαρμογών με PHP και MySQL», Α. Γκιούρδα & ΣΙΑ ΟΕ, 4^η έκδοση, 2011.
- [10] Τι είναι το Raspberry Pi, <https://www.pcsteps.gr/52828-%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-raspberry-pi/>, Ιούνιος 2016.
- [11] Rapsberry Pi, <https://raspberrypigr.wordpress.com/page/2/>, Ιούνιος 2016.
- [12] Βικιπαίδεια – Wikipedia, <https://el.wikipedia.org/wiki/Arduino>, Ιούνιος 2016.
- [13] Arduino Getting started, <https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>, Ιούνιος 2016.
- [14] Arduino - Language Reference, <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>, Ιούνιος 2016.
- [15] Sublimetext, <https://www.sublimetext.com/>, Ιούνιος 2016.
- [16] Βικιπαίδεια – Wikipedia, <https://el.wikipedia.org/wiki/XAMPP>, Ιούνιος 2016.
- [17] Νικόλαος Παπαμάρκος, «Ψηφιακή Επεξεργασία και Ανάλυση Εικόνας», Έκδοση 2^η, 2010.
- [18] OpenCV Documentation – Background Subtraction, http://docs.opencv.org/master/db/d5c/tutorial_py_bg_subtraction.html#gsc.tab=0, Ιούνιος 2016.
- [19] OpenCV Documentation – Optical Flow, http://docs.opencv.org/master/d7/d8b/tutorial_py_lucas_kanade.html#gsc.tab=0, Ιούνιος 2016.
- [20] OpenCV Documentation - Face Detection using Haar Cascades, http://docs.opencv.org/master/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html#gsc.tab=0, Ιούνιος 2016.
- [21] Peter N. Belhumeur, Joao P. Hespanha, David J. Kriegman, "Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection", Dept. of Electrical Engineering, Yale University, 1996.
- [22] OpenCV Python Tutorials – Morphological Transformations, http://opencv-python-tutroals.readthedocs.org/en/latest/py_tutorials/py_imgproc/py_morphological_ops/py_morphological_ops.html, Ιούνιος 2016.
- [23] FMOD, <http://www.fmod.org/>, Ιούνιος 2016.

- [24] Κατσάνος Χρήστος, «Σχεδιασμός και υλοποίηση απομακρυσμένου συστήματος ελέγχου ηλεκτρικής ισχύος», Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Κοζάνη, Φεβρουάριος 2015.
- [25] Βικιπαίδεια – Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Mockup>, Ιούνιος 2016.
- [26] Datarange picker, <http://www.daterangepicker.com/#options>, Ιούνιος 2016.
- [27] Keith Gaughan, “Client-Server Programming with TCP/IP Sockets”, Ιούνιος 2016.
- [28] Εγκατάσταση βιβλιοθήκης OpenCV σε περιβάλλον Linux, http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/introduction/linux_install/linux_install.html, Ιούνιος 2016.
- [29] Cmake, <http://seevisionc.blogspot.gr/2012/07/compiling-opencv-with-OpenNI-for.html>, Ιούνιος 2016.

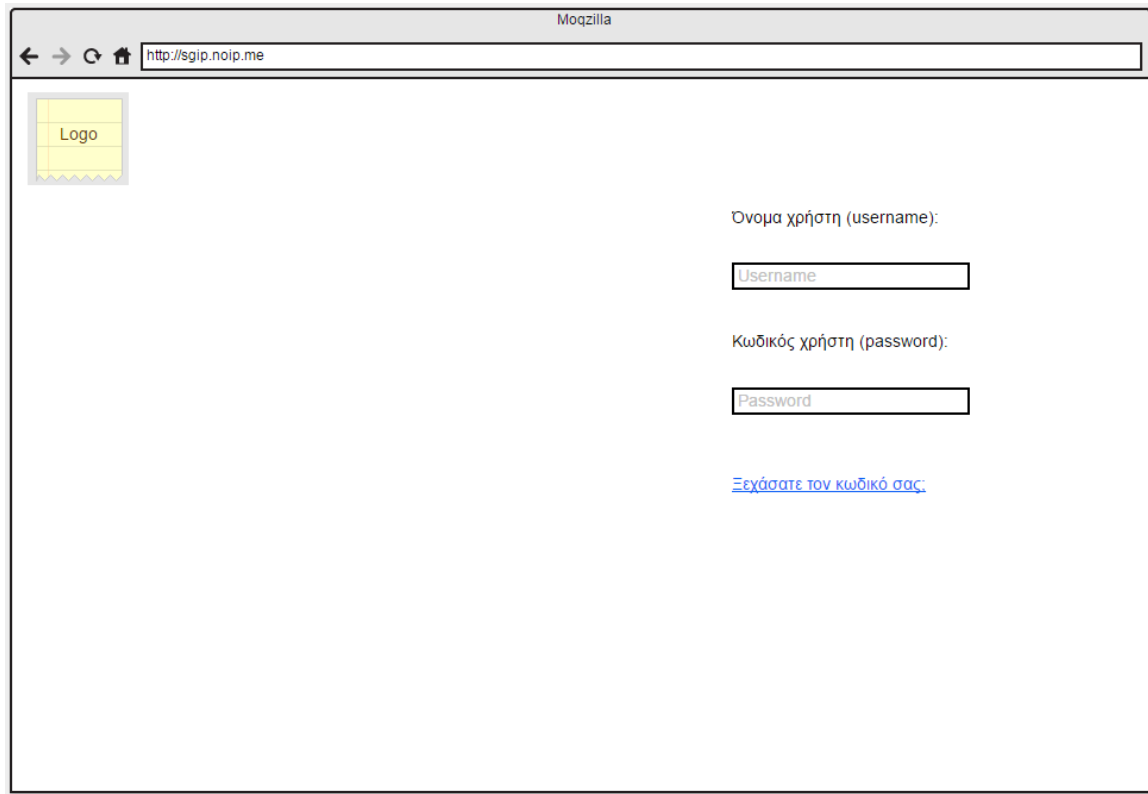
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Mockups ιστοσελίδας

Στο παράρτημα Α υπάρχουν εικόνες των mockups που δημιουργήθηκαν για την ανάπτυξη της ιστοσελίδας της παρούσας διπλωματικής. Ο σχεδιασμός τους κρίθηκε απαραίτητος γιατί μπορέσαμε να αποφύγουμε λάθη και να αποφασίσουμε την τελική δομή της σελίδας χωρίς να αναπτυχθεί κώδικας του οποίου η χρησιμότητα στο τέλος είναι μηδαμινή.

Τα ακόλουθα mockups δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια της ιστοσελίδας: <https://moqups.com/>

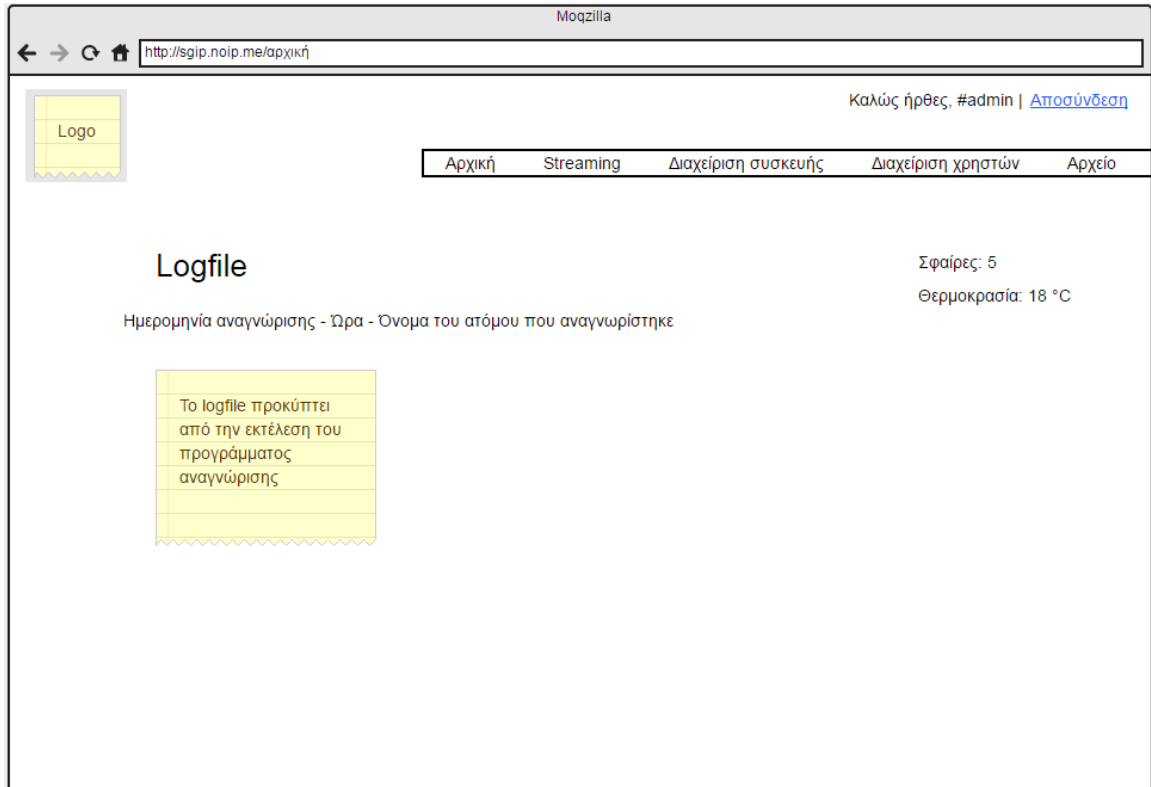
Είσοδος χρήστη



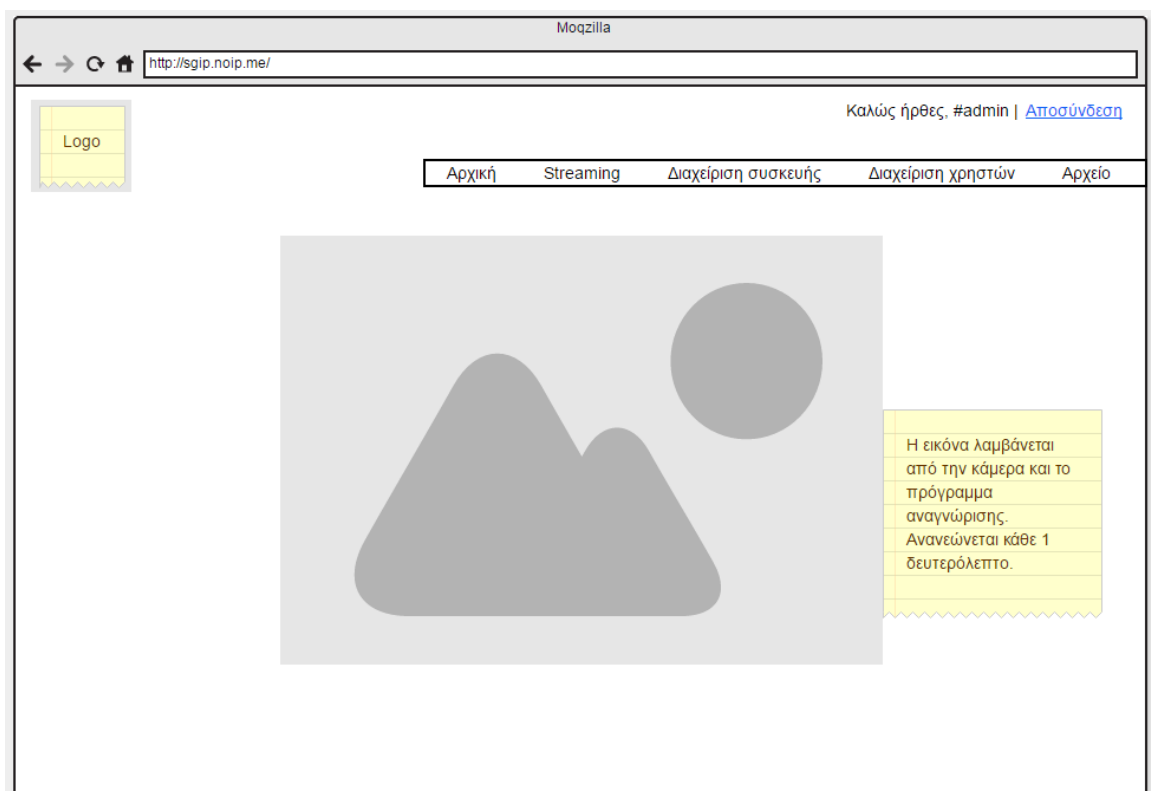
The image shows a mockup of a user login page displayed within a Mozilla browser window. The browser's address bar shows the URL `http://sgip.noip.me`. On the left side of the page, there is a yellow rectangular placeholder labeled "Logo". On the right side, there are two input fields for user credentials. The first field is labeled "Όνομα χρήστη (username):" and contains the placeholder text "Username". The second field is labeled "Κωδικός χρήστη (password):" and contains the placeholder text "Password". Below these fields, there is a blue underlined link that reads "Ξεχάσατε τον κωδικό σας:".

Μενού επιλογών διαχειριστή

1. Αρχική σελίδα



2. Σελίδα Streaming



3. Διαχείριση συσκευής

Mozilla

← → ↻ 🏠 <http://sgip.noip.me/>

Καλώς ήρθες, #admin | [Αποσύνδεση](#)

Logo

Αρχική Streaming Διαχείριση συσκευής Διαχείριση χρηστών Αρχείο

Επιλέξτε πότε θέλετε να ξεκινήσει ή να σταματήσει η συσκευή.

Start

Delayed Start

Επέλεξε κάμερα ▼

Επέλεξε σε πόση ώρα θέλεις να αρχίσει το σύστημα ▼

Stop

Delayed Stop

Επέλεξε σε πόση ώρα θέλεις να κλείσει το σύστημα ▼

Ρυθμίσεις έναρξης/λήξης ▶

Χρονοπρογραμματισμός

IO Output linkage

FTP Settings

HTTP alarm Settings

Mozilla

← → ↻ 🏠 <http://sgip.noip.me/>

Καλώς ήρθες, #admin | [Αποσύνδεση](#)

Logo

Αρχική Streaming Διαχείριση συσκευής Διαχείριση χρηστών Αρχείο

Επιλέξτε ημερομηνία και ώρα προγραμματισμένης έναρξης της συσκευής συσκευή.

Επιλογή μήνα ▼

Επιλογή ημέρας ▼

Επιλογή έτους ▼

Ωρα έναρξης ▼

Ωρα λήξης ▼

Χρόνος απενεργοποίησης ▼

Προσωρινή απενεργοποίηση συσκευής.

Ρυθμίσεις έναρξης/λήξης

Χρονοπρογραμματισμός ▶

IO Output linkage

FTP Settings

HTTP alarm Settings

Moqzilla

← → ↻ 🏠 <http://sgip.noip.me/>

Καλώς ήρθες, #admin | [Αποσύνδεση](#)

Logo

IO Settings

☐ IO Output linkage
☐ Email alarm
☐ FTP alarm
☐ HTTP alarm

Alarm Seconds:

Αρχική	Streaming	Διαχείριση συσκευής	Διαχείριση χρηστών	Αρχείο
		Ρυθμίσεις έναρξης/λήξης		
		Χρονοπρογραμματισμός		
		IO Output linkage ▶		
		FTP Settings		
		HTTP alarm Settings		

Moqzilla

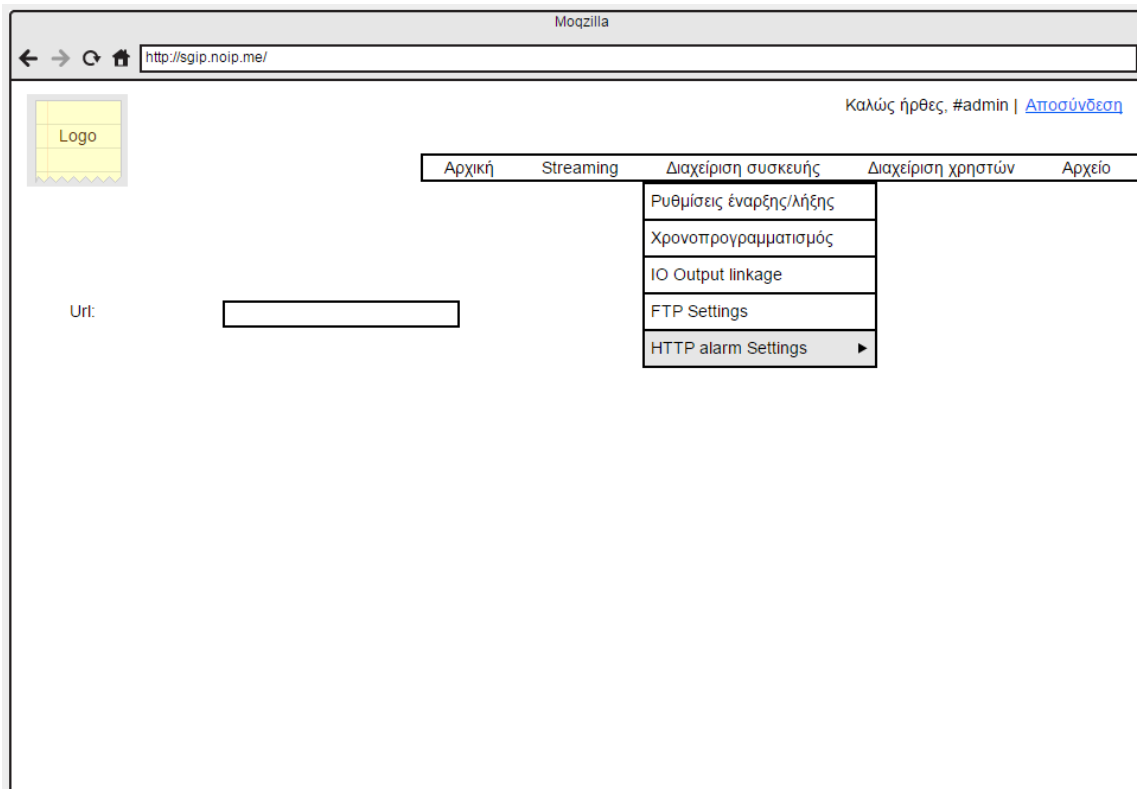
← → ↻ 🏠 <http://sgip.noip.me/>

Καλώς ήρθες, #admin | [Αποσύνδεση](#)

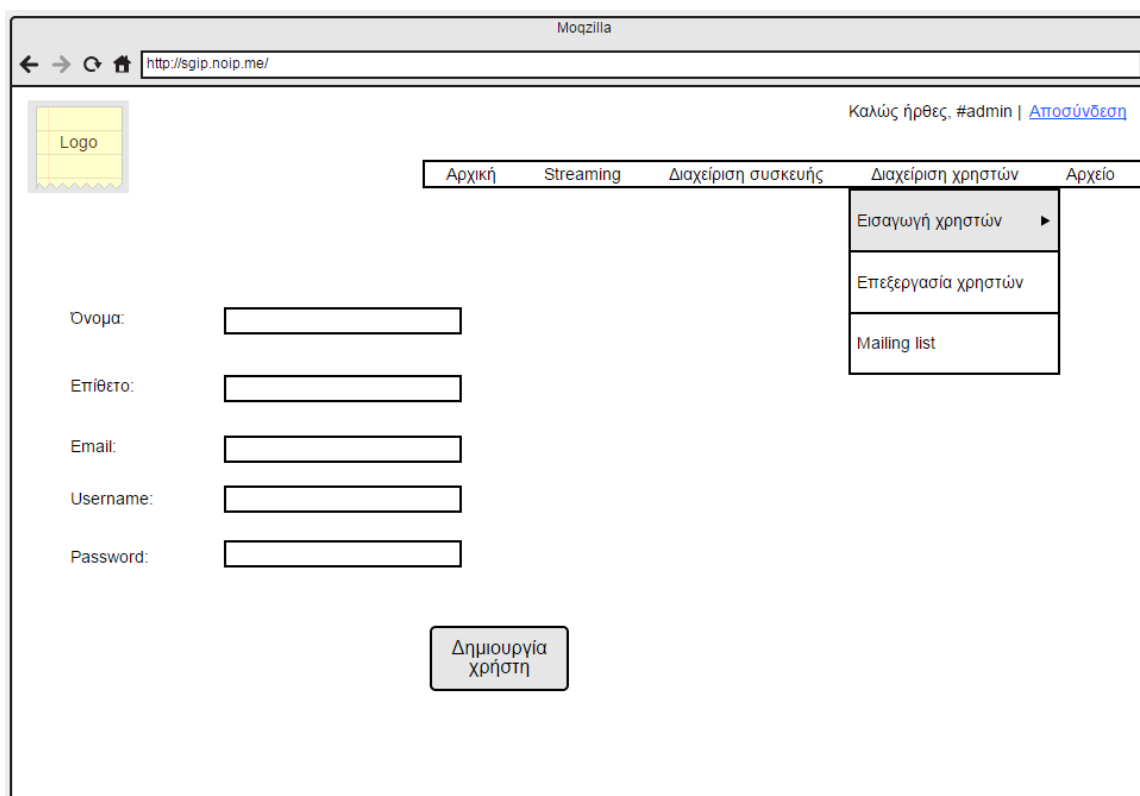
Logo

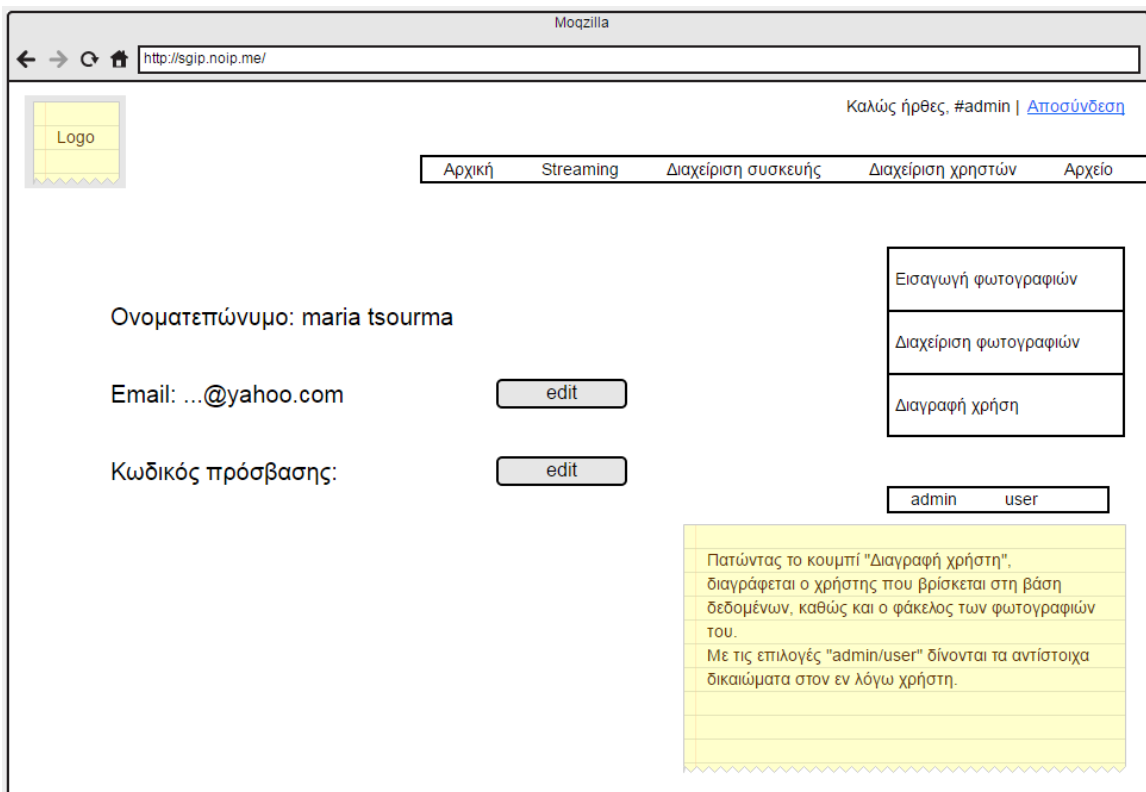
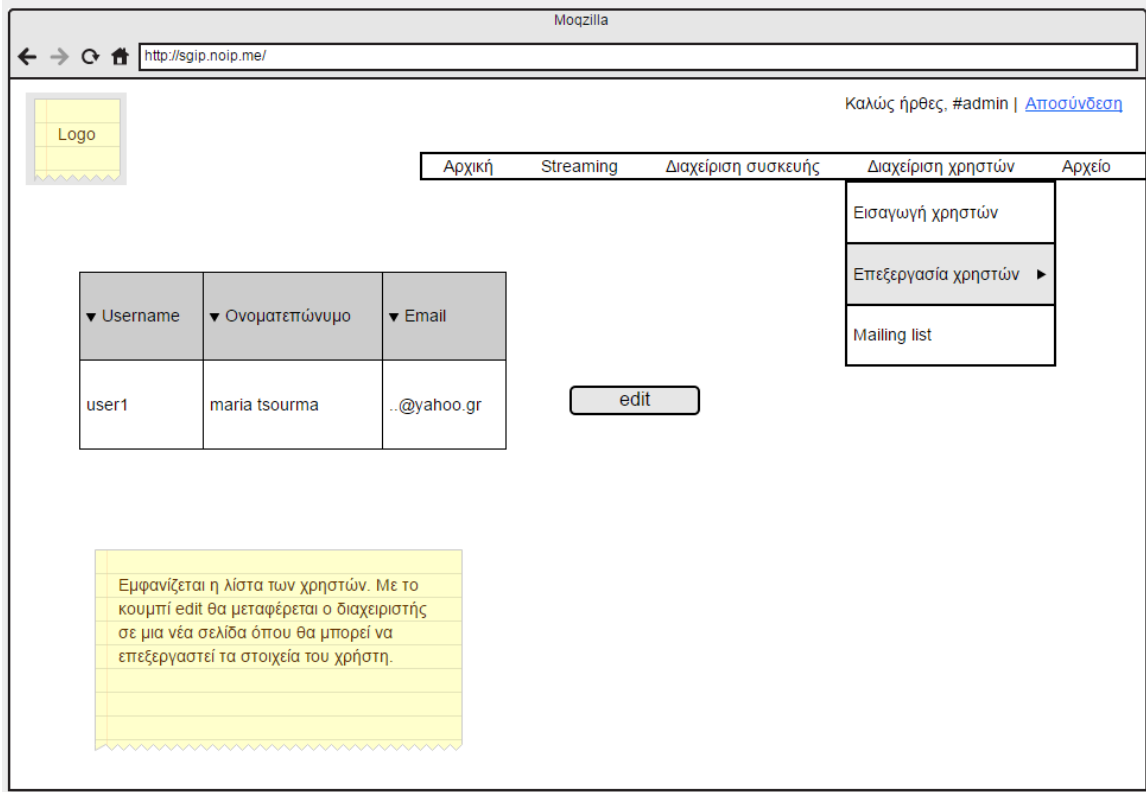
Server:
Port:
User:
Password:
Folder:

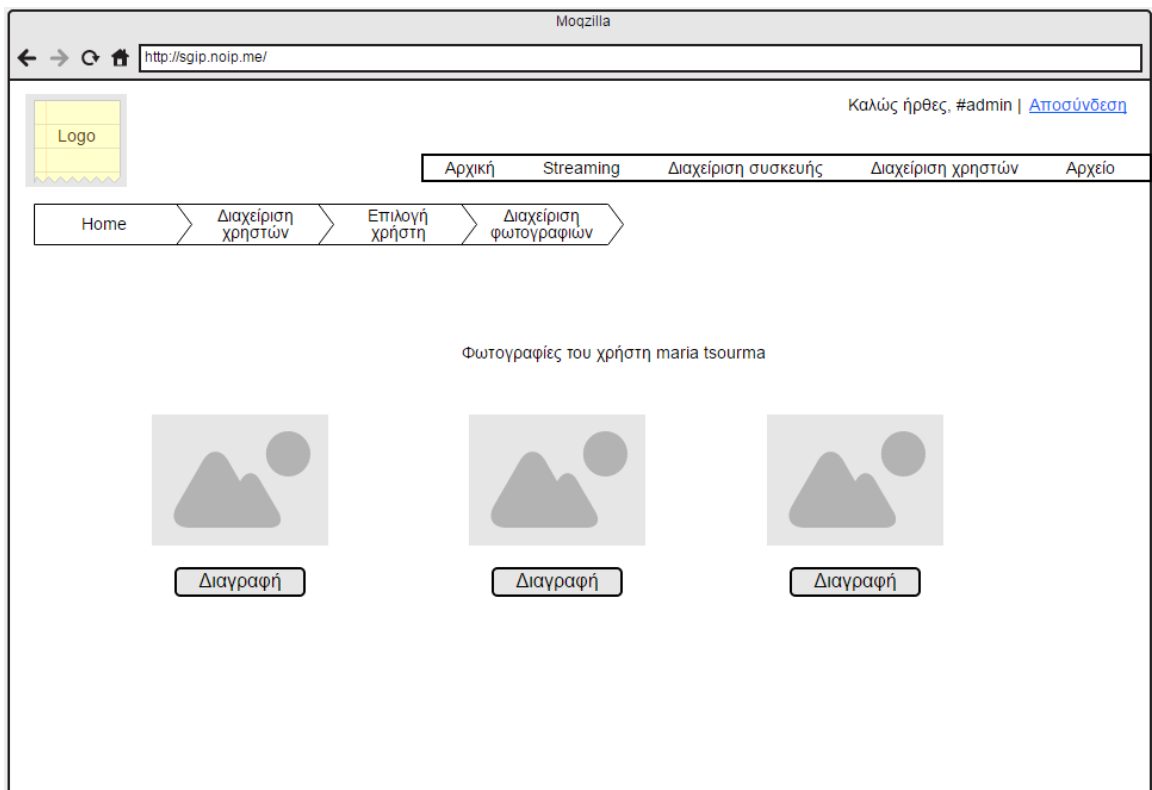
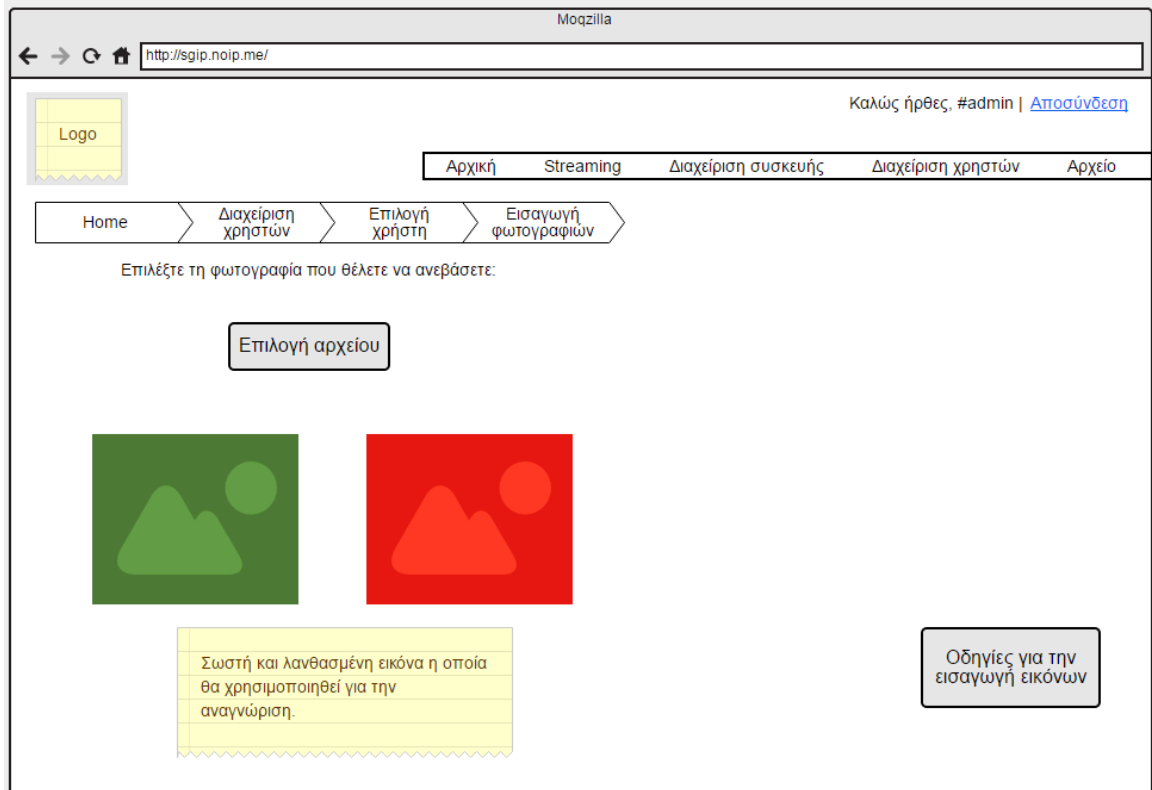
Αρχική	Streaming	Διαχείριση συσκευής	Διαχείριση χρηστών	Αρχείο
		Ρυθμίσεις έναρξης/λήξης		
		Χρονοπρογραμματισμός		
		IO Output linkage		
		FTP Settings ▶		
		HTTP alarm Settings		

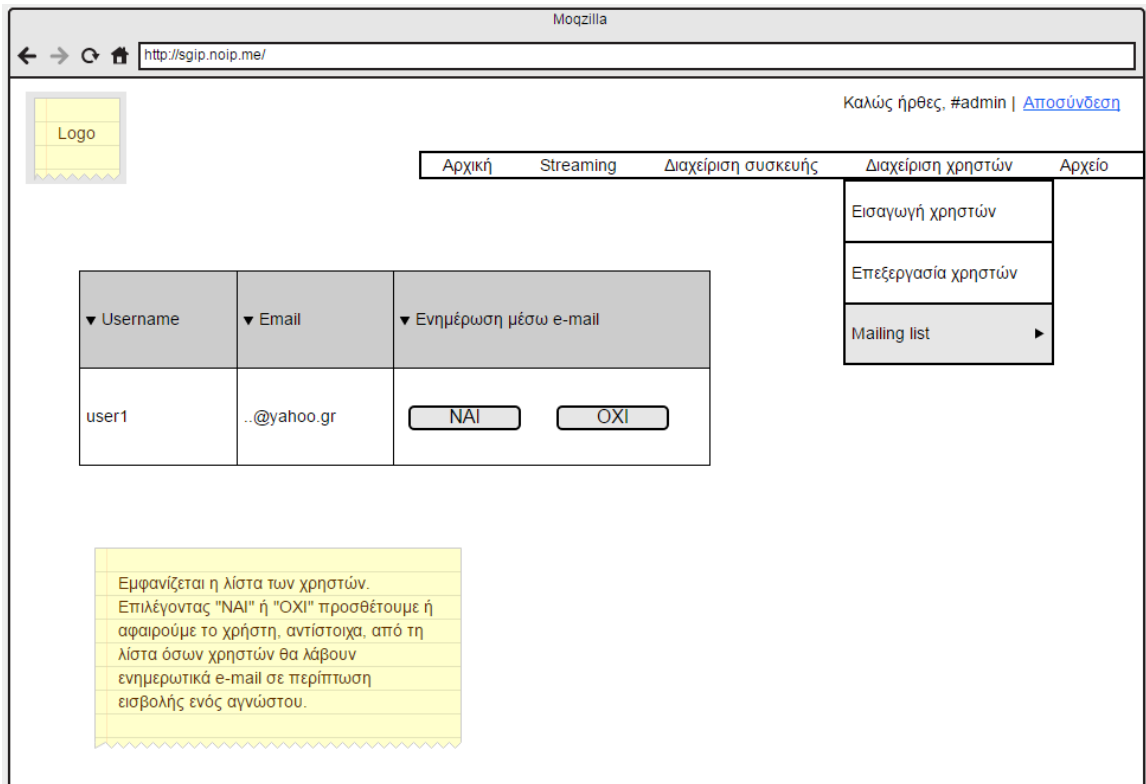


4. Διαχείριση χρηστών

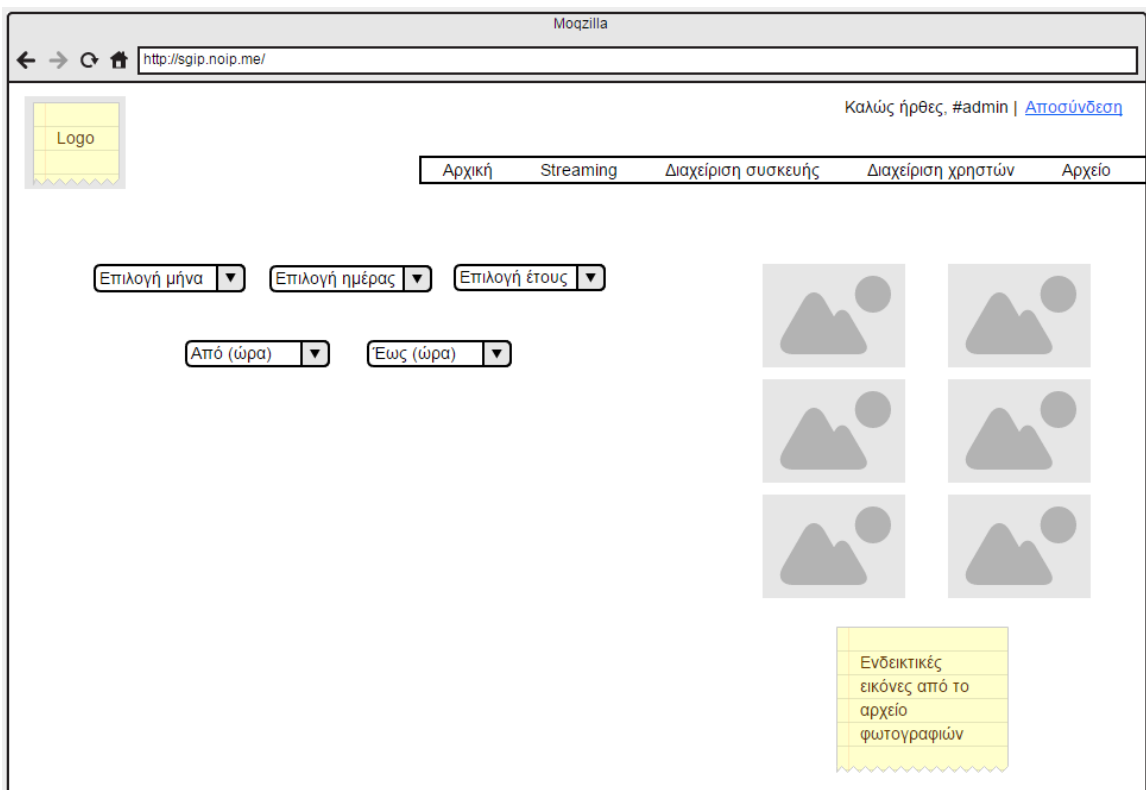






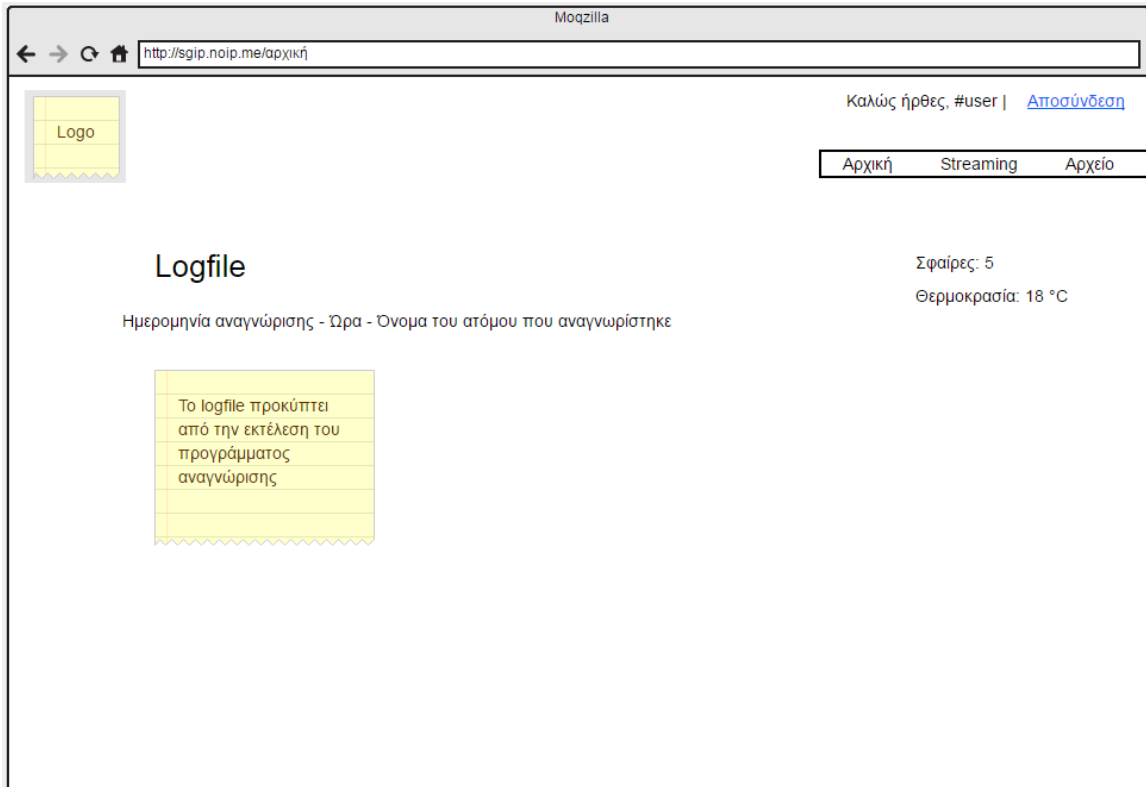


5. Αρχείο εικόνων

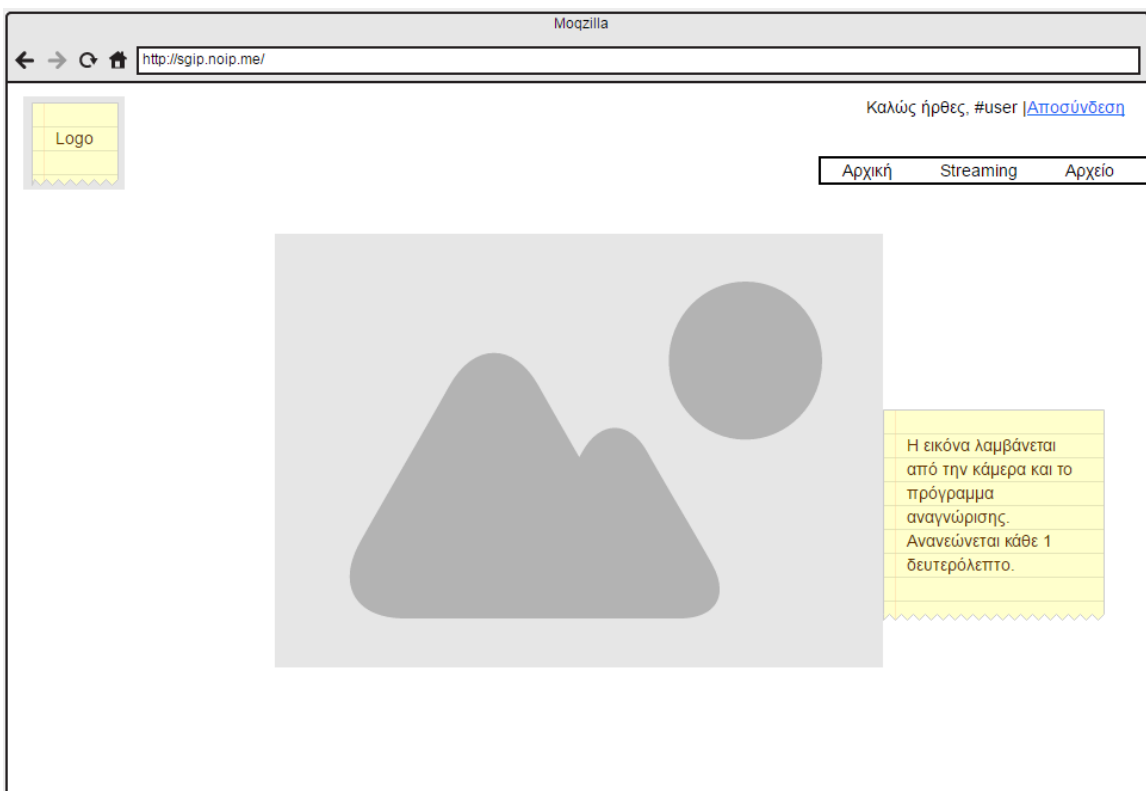


Μενού επιλογών απλού χρήστη

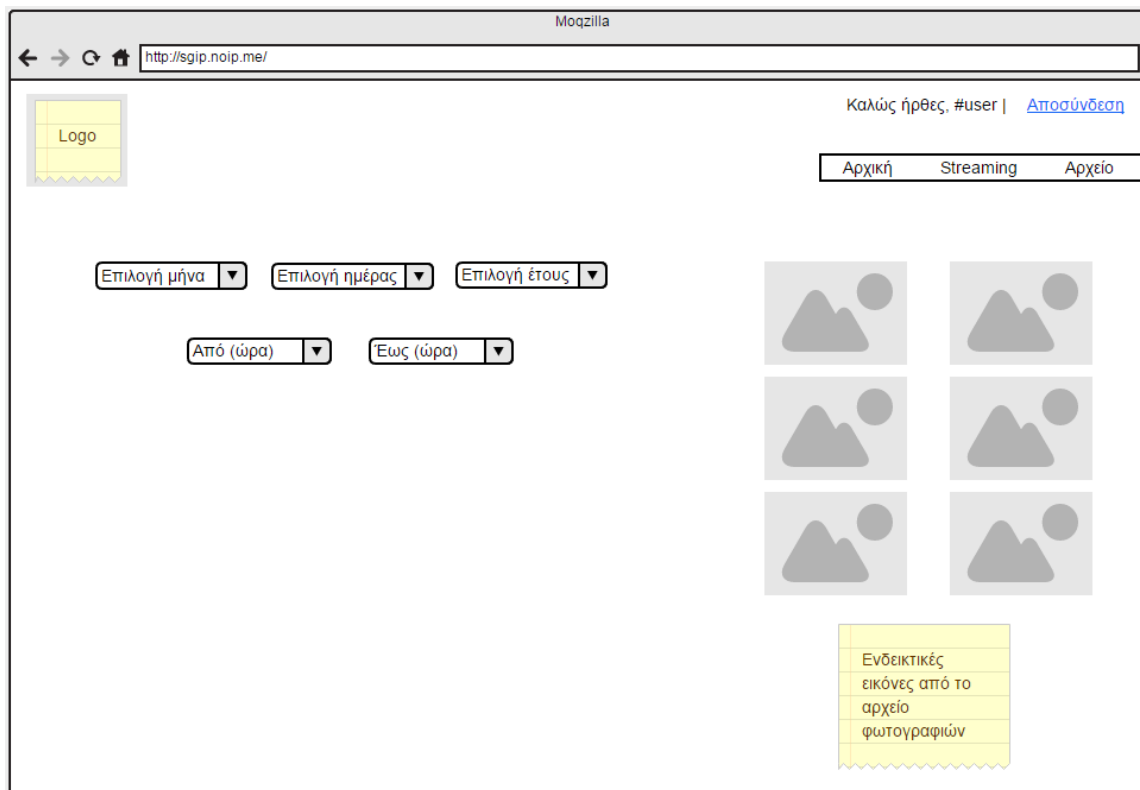
1. Αρχική σελίδα



2. Σελίδα Streaming



3. Αρχείο εικόνων



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

Οδηγίες εγκατάστασης της βιβλιοθήκης OpenCV

Το Παράρτημα Β παρουσιάζει λεπτομερώς την εγκατάσταση της βιβλιοθήκης OpenCV και την κοινή χρήση της με τη βιβλιοθήκη OpenNI .

Βήμα 1- Λήψη της βιβλιοθήκης OpenCV

Ο χρήστης επιλέγει την έκδοση της βιβλιοθήκης που επιθυμεί. Σημειώνεται ότι όσο πιο νέα είναι η έκδοση, τόσο πιο καινούρια και δοκιμασμένα – αξιόπιστα χαρακτηριστικά φέρει. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η έκδοση OpenCV 2.4.10 και η γλώσσα συγγραφής του προγράμματος ήταν η c++.

Εφόσον έχουμε κατεβάσει τη βιβλιοθήκη, θα πρέπει να εγκατασταθούν στον υπολογιστή τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά για τη λειτουργία του προγράμματος, όπως οι compilers [28].

Βήμα 2- Λήψη της βιβλιοθήκης OpenNI

Δυστυχώς, μέχρι στιγμής δεν υπάρχουν αρκετές αξιόπιστες πηγές οι οποίες να έχουν τη βιβλιοθήκη OpenNI άρτια. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας έγινε λήψη της βιβλιοθήκης OpenNI από το GitHub.

Βήμα 3- Εγκατάσταση και μεταγλώττιση της βιβλιοθήκης OpenCV

Μόλις ολοκληρωθεί η εγκατάσταση των προαπαιτούμενων προγραμμάτων, μεταφερόμαστε στη σελίδα του OpenCV, όπου υπάρχουν οι απαραίτητες οδηγίες εγκατάστασης και μεταγλώττισης (compiling) της βιβλιοθήκης. Το σημαντικό και απαραίτητο στοιχείο για τη λειτουργία της στερεοσκοπικής κάμερας είναι η σύνδεση της με τη «σημαία» OpenNI.

Για να γίνει η σύνδεση των βιβλιοθηκών αυτών θα πρέπει στην εντολή του compiling να προστεθεί η σημαία `-WITH_OPENNI` (Εικόνα 101). Προσοχή, εάν παραληφθεί το Βήμα 2, δεν θα γίνει καμία σύνδεση με τη βιβλιοθήκη OpenNI. Επομένως δεν θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποια στερεοσκοπική κάμερα.

```
cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE -D WITH_OPENNI -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local ..
```

Εικόνα 101: Εντολή μεταγλώττισης της βιβλιοθήκης OpenCV με το διακόπτη OPENNI .

Τα αρχεία στα οποία έχει γίνει το compile τοποθετούνται σε ένα νέο φάκελο τον οποίο και θα χρησιμοποιήσουμε για τη σύνδεση του project με τη βιβλιοθήκη στο επόμενο βήμα. Η μεταγλώττιση της βιβλιοθήκης και η σύνδεση της με τη βιβλιοθήκη OpenNI μπορούν να γίνουν πιο εύκολα (χωρίς την χρήση κώδικα), μέσα από το εργαλείο *cmake* [29].

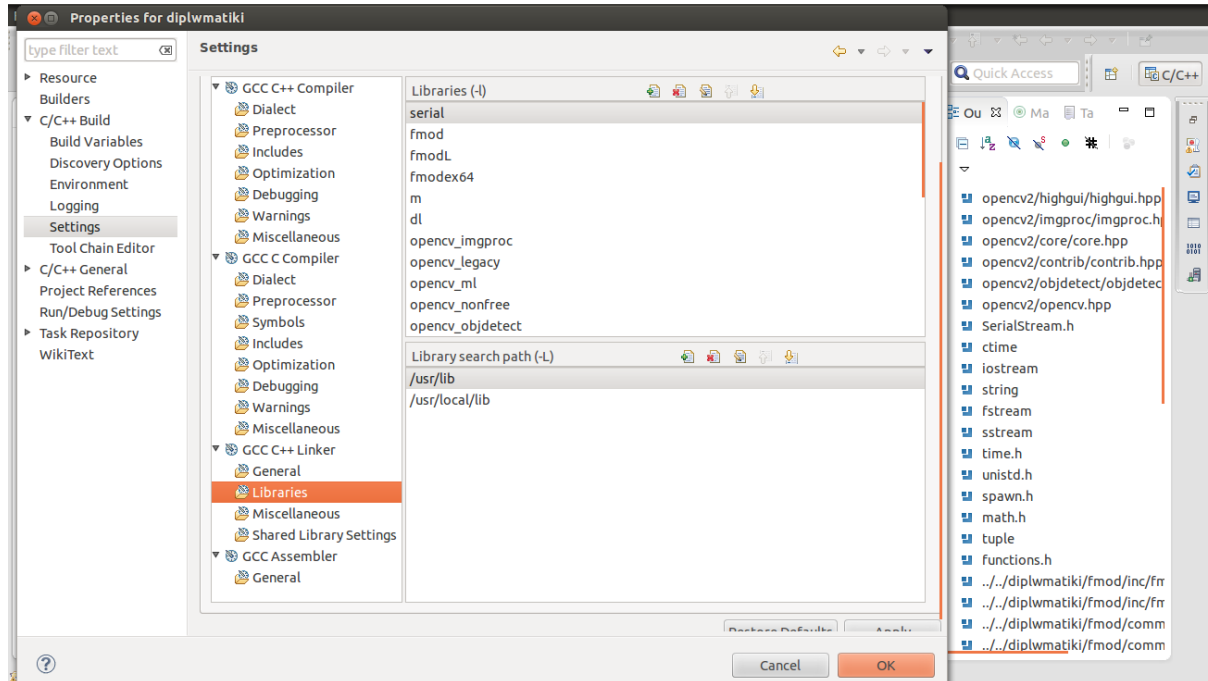
Βήμα 4 -Λογισμικό ανάπτυξης προγράμματος και σύνδεσή του με τη βιβλιοθήκη

Ο προγραμματιστής καλείται να επιλέξει την πλατφόρμα στην οποία θέλει να αναπτύξει το πρόγραμμα του. Στην εργασία αυτή το πρόγραμμα ανίχνευσης και αναγνώρισης υλοποιήθηκε με τη βοήθεια του Eclipse Kepler. Στο παρόν βήμα θα παρουσιαστεί η σύνδεση του εργαλείου αυτού με τη βιβλιοθήκη OpenCV.

Αρχικά πρέπει να βρεθεί η διαδρομή – φάκελος στην οποία βρίσκονται τα αρχεία της βιβλιοθήκης και να εισαχθούν κατάλληλα στο Eclipse. Στο project το οποίο έχουμε δημιουργήσει, επιλέγουμε τα Properties και ακολουθούμε τη διαδρομή

Properties -> C/C++ Build -> Settings -> GCC C++ Linker -> Libraries

όπου στο πεδίο *Libraries(-l)* εισάγουμε τις βιβλιοθήκες του OpenCV και στο πεδίο *Libraries search path (-L)* εισάγουμε τη διαδρομή στην οποία βρίσκονται τα αρχεία αυτά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 102.

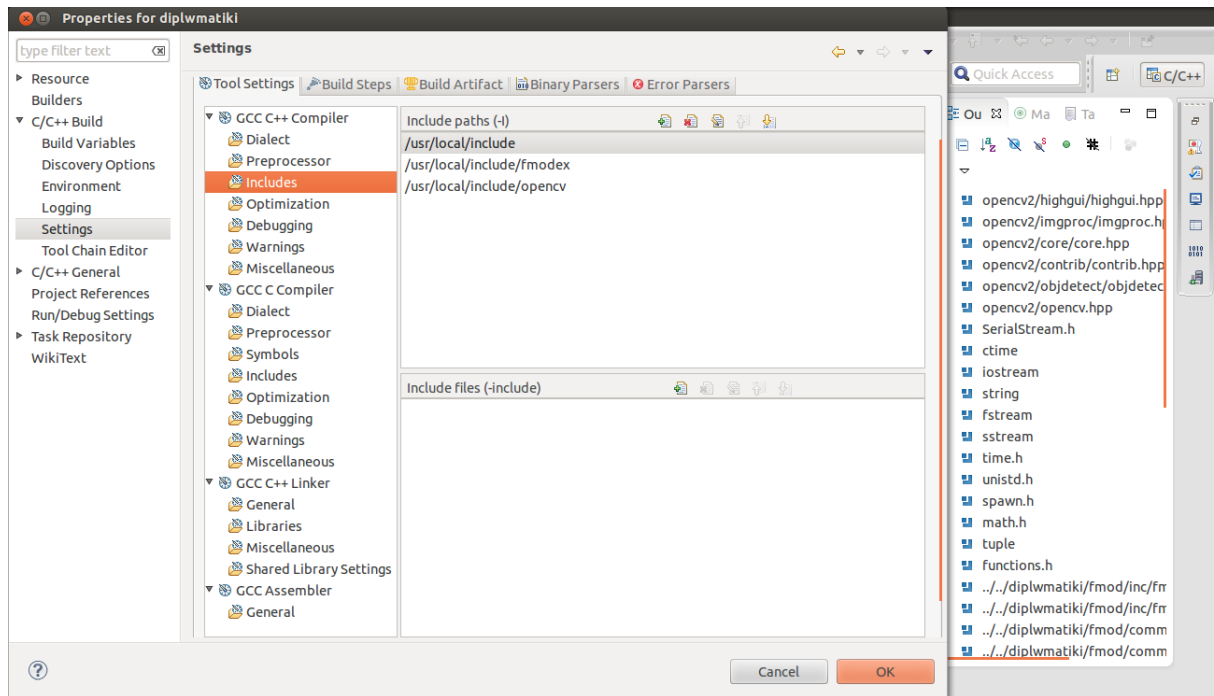


Εικόνα 102: Σύνδεση της βιβλιοθήκης OpenCV με την πλατφόρμα Eclipse.

Επίσης, στη διαδρομή

Properties -> C/C++ Build -> Settings -> GCC C++ Compiler -> Includes

στο πεδίο *include paths (-I)* εισάγουμε τις διαδρομές στις οποίες βρίσκονται τα απαραίτητα αρχεία των βιβλιοθηκών που χρειαζόμαστε (Εικόνα 103). Το σημείο αυτό είναι απαραίτητο καθώς για τη μεταγλώττιση πρέπει εκτός από το όνομα του αρχείου να υπάρχει και η διαδρομή του. Με το τέλος της σύνδεσης της βιβλιοθήκης με το project, μπορεί ο χρήστης να μεταγλωττίσει το επιθυμητό αρχείο.



Εικόνα 103: Εισαγωγή των απαραίτητων διαδρομών στον compiler ώστε να χρησιμοποιηθούν για τη μεταγλώττιση του προγράμματος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄

Οδηγίες εγκατάστασης της ιστοσελίδας

Η ιστοσελίδα αναπτύχθηκε με τη βοήθεια του εργαλείου LAMPP. Η βάση δεδομένων δημιουργήθηκε σε περιβάλλον localhost /phpmyadmin. Για να εγκατασταθεί η σελίδα στον τοπικό υπολογιστή, θα πρέπει ο χρήστης να κατεβάσει το εργαλείο LAMPP και να εισάγει το φάκελό της σελίδας στη διαδρομή:

```
/opt/lampp/htdocs
```

Το περιβάλλον του εργαλείου αυτού δεν είναι διαφορετικό από εκείνο του XAMPP. Για την εκκίνηση του, ο χρήστης μπορεί να πληκτρολογήσει την ακόλουθη εντολή σε τερματικό:

```
$sudo /opt/lampp/lampp start
```

Δεδομένου ότι η εργασία μας έχει αναπτυχθεί με τη χρήση PDO, θα πρέπει να γίνουν κάποιες αλλαγές στο αρχείο *php.ini* το οποίο βρίσκεται στη διαδρομή /opt/lampp/etc. Οι αλλαγές που πρέπει να γίνουν αφορούν την ενεργοποίηση των PDO στοιχείων και παρουσιάζονται στις γραμμές που ακολουθούν.

```
extension=php_mysql.so  
extension=php_mysqli.so  
extension=php_pdo_firebird.so  
extension=php_pdo_mssql.so  
extension=php_pdo_mysql.so  
extension=php_pdo_oci.so  
extension=php_pdo_odbc.so  
extension=php_pdo_pgsql.so
```

Μέσα στο φάκελο της σελίδας υπάρχει ένα αρχείο με όνομα *install.php* και αποτελεί το συνδετικό κρίκο του φακέλου με τη βάση δεδομένων. Το αρχείο αυτό περιέχει τα ονόματα του χρήστη και της βάσης δεδομένων καθώς και τους κωδικούς αυτών. Η μορφή του παρουσιάζεται στον κώδικα που ακολουθεί.

```
<?php  
$servername = "localhost";  
$username = "";  
$password = "";  
$dbname = "";
```

...
?>

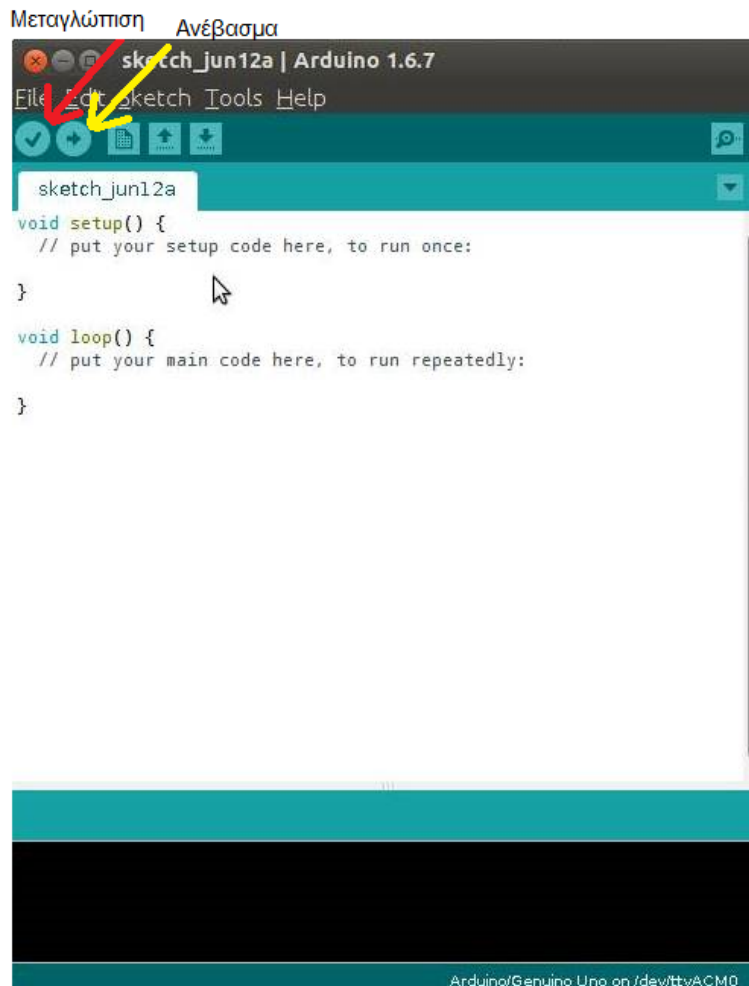
Η βάση δεδομένων μπορεί να εισαχθεί ολόκληρη στον phpmyadmin, χωρίς να χρειαστεί να δημιουργήσει ο χρήστης εκ νέου πίνακες και χαρακτηριστικά. Αρχικά, δημιουργείται μια κενή βάση δεδομένων. Στη βάση αυτή γίνεται εισαγωγή της βάσης δεδομένων της εργασίας, εισάγοντας το αρχείο .sql αυτής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ΄

Οδηγίες εγκατάστασης και λειτουργίας του Arduino IDE

Η εγκατάσταση της πλατφόρμας Arduino δεν είναι δύσκολη, καθώς το μόνο που απαιτείται είναι η σειριακή σύνδεση του μικροελεγκτή με τον υπολογιστή ο οποίος θα εκτελεί το πρόγραμμα ανίχνευσης. Η πλατφόρμα Arduino IDE που χρησιμοποιείται είναι ανοιχτού λογισμικού και μπορεί κανείς να την βρει στη σελίδα: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

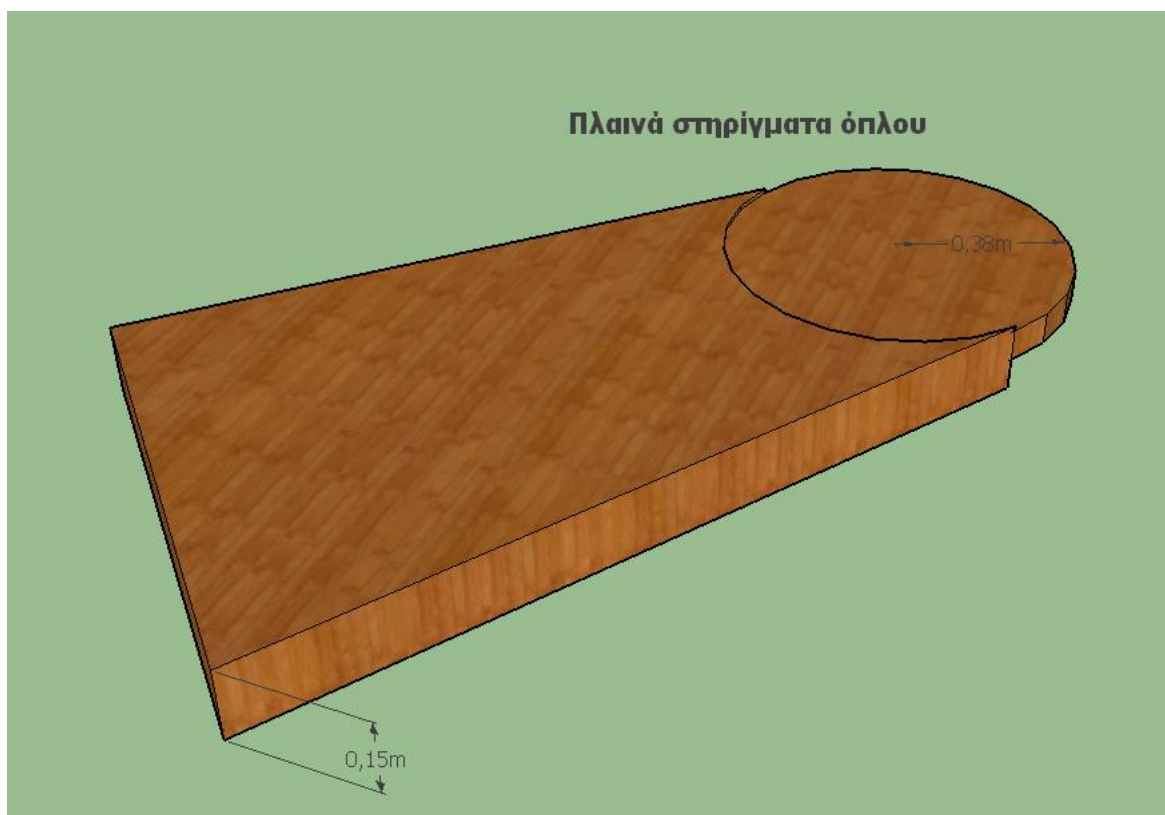
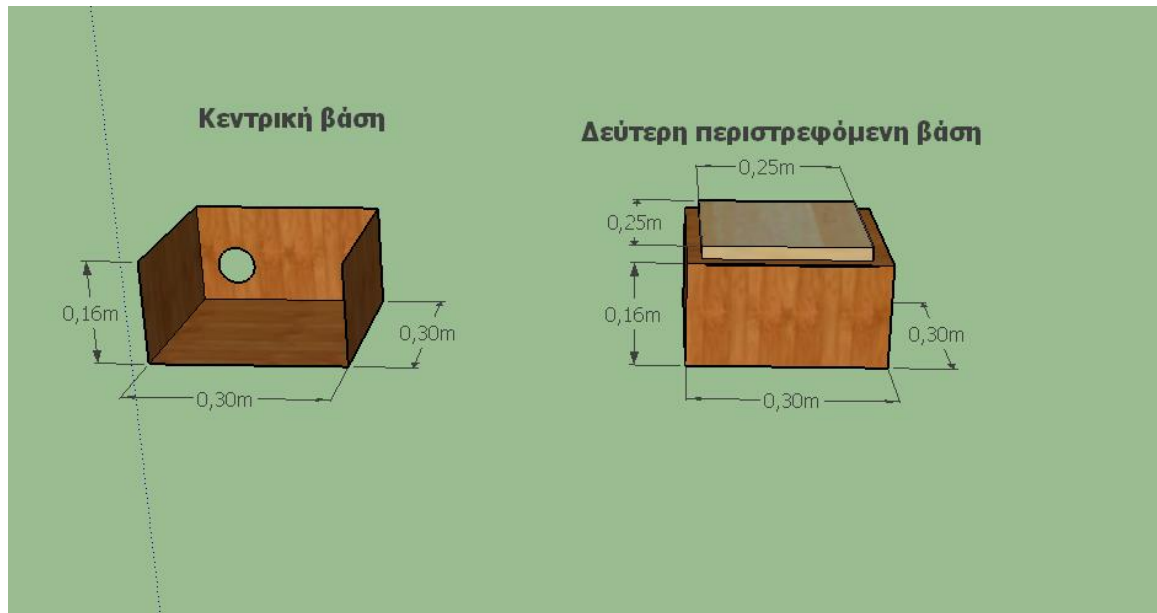
Δεν απαιτείται κάποια ιδιαίτερη διαδικασία για την εκτέλεση του προγράμματος κίνησης, καθώς η βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται (<Servo.h>) υπάρχει στο πακέτο κατά τη λήψη του. Το μόνο που πρέπει να κάνει ο χρήστης είναι να εισάγει τον κώδικα στην πλατφόρμα, να επιλέξει τη θύρα στην οποία έχει συνδεθεί ο μικροελεγκτής Arduino IDE και να ανεβάσει το πρόγραμμα. Στο ακόλουθο στιγμιότυπο παρουσιάζονται τα κουμπιά που εκτελούν μεταγλώττιση και ανέβασμα (upload) του κώδικα.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε΄

Σχηματικά διαγράμματα κατασκευής

Στις παρακάτω τρισδιάστατες εικόνες παρουσιάζονται τα σχέδια με τις διαστάσεις της πρώτης και της δεύτερης βάσης καθώς και των πλαϊνών στηριγμάτων του όπλου, που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη και την περιστροφή του όπλου. Τα σχήματα δημιουργήθηκαν με το πρόγραμμα Sketched Up.



Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 6, το ύψος του πλαϊνού στηρίγματος ποικίλει ανάλογα με το όπλο που θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή που θέλει να κάνει ο χρήστης.