



Ιόνιο Πανεπιστήμιο
Τμήμα Πληροφορικής

Πτυχιακή Εργασία

Εφαρμογή για τη συρραφή συνεχόμενων
εικόνων (πανοραμιάτων) με τη χρήση της
βιβλιοθήκης OpenCV.

Φοιτητής:

Δημήτριος Τριανταφύλλου
Α.Μ.: Π2015077

Επιβλέπων καθηγητής:

Μιχαήλ Στεφανιδάκης
Επίκουρος Καθηγητής του Ιονίου Πανεπιστημίου

Ακαδημαϊκό έτος 2018-2019
Κέρκυρα - 26 / 09 / 2019

Περίληψη

Οι διαδικτυακές εφαρμογές αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερο και γίνονται αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας των ανθρώπων. Χάρη στην εξέλιξη του διαδικτύου, ένα από τα πιο ισχυρά εργαλεία της ψηφιακής τεχνολογίας, και των τεχνολογιών που το υποστηρίζουν είναι δυνατό να πραγματοποιούνται εφαρμογές οι οποίες χειρίζονται και κάνουν υπολογισμούς σε αρκετά δεδομένα σε σχετικά μικρούς χρόνους πολλές φορές και σε σχεδόν πραγματικούς χρόνους. Με αυτό το τρόπο είναι δυνατό να υλοποιούνται και εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας και υπολογιστικής όρασης και να χρησιμοποιούνται διαδικτυακά.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η δημιουργία μια διαδικτυακής εφαρμογής η οποία θα έχει κύριο ρόλο τη ψηφιακή συρραφή εικόνων. Οι χρήστες της εφαρμογής έχουν τη δυνατότητα βάση μιας συλλογή εικόνων να επιλέγουν και να εφαρμόζουν τις δυνατότητες της εφαρμογής. Επιπλέον, με αυτή είναι εφικτό χρήστες οι οποίοι δεν έχουν κάποια έτοιμη λειτουργία στις φωτογραφικές κάμερες τους εύκολα και απλά να ανεβάζουν το φωτογραφικό υλικό τους και να το διαχειρίζονται εκεί.

Abstract

Web applications are growing and becoming an integral part of people's daily lives. Thanks to the evolution of the Internet, one of the most powerful tools of digital technology, and the technologies that support it, it is possible to run applications that handle and compute enough data in relatively small amounts of time, often in near real time. This way digital image processing and computing applications can be implemented and used online.

The purpose of this thesis is to create an online application that will have the primary role of digital image stitching. Application users have the ability to collect images to select and apply application features. In addition, it makes it possible for users who do not have a ready-made feature on their cameras to simply upload their photo material and manage it there.

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Abstract	2
Περιεχόμενα	3
1 Εισαγωγή	5
1.1 Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας	5
1.2 Οργάνωση κειμένου	5
2 Θεωρητικό υπόβαθρο	6
2.1 Γραφικά με Υπολογιστές	6
2.2 Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας	7
2.3 Τεχνητή νοημοσύνη	8
2.4 Υπολογιστική Όραση	8
2.5 Συρραφή εικόνων	9
2.5.1 Βασικά συστατικά αλγορίθμου συρραφής εικόνων	10
2.5.2 Τεχνικές	10
2.5.3 Πανοραμική συρραφή εικόνων	11
2.5.4 kNN με τη χρήση των k-d trees	12
2.5.5 Ομογραφία	12
2.5.6 RANSAC για τον υπολογισμό της ομογραφίας	12
2.5.7 Προκλήσεις	13
2.6 Βάση δεδομένων	13
2.7 Διαδικτυακή εφαρμογή	14
3 Εργαλεία και Τεχνολογίες	16
3.1 Επιλογή εργαλείων	16
3.1.1 Το εργαλείο Visual Studio Code	16
3.1.2 Ο περιηγητής Google Chrome	16
3.2 Η γλώσσα προγραμματισμού Python	17
3.3 Βιβλιοθήκες της Python	18
3.3.1 Η βιβλιοθήκη OpenCV	19
3.3.2 Python Flask Microframework	19
3.3.3 Επεκτάσεις του Python Flask Microframework	20
3.3.4 SQLAlchemy	21
3.4 Η γλώσσα σήμανσης HTML	21
3.5 Η γλώσσα υπολογιστή CSS	21
3.6 Η γλώσσα προγραμματισμού JavaScript	22
3.7 Η βιβλιοθήκη jQuery	23
3.8 Το εργαλείο Bootstrap	23

4	Σχεδιασμός και υλοποίηση συστήματος	25
4.1	Οργάνωση αρχείων εφαρμογής	25
4.2	Χειρισμός εισόδου δεδομένων	25
4.3	Συρραφή εικόνων	26
4.4	Εξαγωγή χαρακτηριστικών	26
4.5	Εύρεση ταυτίσεων	26
4.6	Εύρεση ομογραφίας	27
4.7	Ένωση εικόνων βάση κοινών σημείων	27
4.8	Αυτόματη μέθοδος	29
4.9	Χειροκίνητη μέθοδος	31
4.10	Αυτόματη περικοπή περιθωρίων εικόνας	32
4.11	Εξισορρόπηση ιστογράμματος	33
4.12	Πίνακες βάσης δεδομένων	34
4.12.1	Πίνακας "User"	35
4.12.2	Πίνακας "Image"	35
4.12.3	Πίνακας "Stitched_images"	36
4.13	Τεχνολογίες υλοποίησης της διαδικτυακής εφαρμογής	36
5	Επίδειξη λειτουργικότητας της εφαρμογής	38
5.1	Αρχική σελίδα	38
5.2	Γραμμή πλοήγησης	39
5.3	Δημιουργία νέου λογαριασμού	40
5.4	Σύνδεση σε υπάρχον λογαριασμό	41
5.5	Μεταφόρτωση εικόνων	41
5.6	Προβολή και διαχείριση εικόνων	42
5.7	Διεπαφή για τη συρραφή εικόνων	43
5.8	Προβολή στοιχείων λογαριασμού του χρήστη	45
6	Επίλογος	48
6.1	Σύνοψη και συμπεράσματα	48
6.2	Μελλοντικές επεκτάσεις	48
	Αναφορές	50

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας

Στις μέρες μας, όλο και περισσότερο γίνεται αναγκαία και ωφέλιμη η χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή στις ζωές μας. Πλέον, με την αύξηση της ισχύς τους στο υλικού καθώς και την εξέλιξή τους στο λογισμικού είναι ικανοί να επεξεργαστούν, να διαχειριστούν και να αναπαραστήσουν δεδομένα εικόνων σε πολύ μικρούς με εξαίρεση ιδιαίτερες περιπτώσεις που να προσεγγίζουν πραγματικούς χρόνους. Με τη μορφή του παραδοσιακού σταθερού (Desktop Computer) ή φορητού (Smartphone) υπολογιστή οι διαφορές στην απόδοση και λειτουργικότητά δεν είναι πάρα πολύ μεγάλες.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία τα βασικό αντικείμενό της είναι η ψηφιακή συρραφή συνεχόμενων εικόνων βάση κοινών χαρακτηριστικών τους. Ο σκοπός της πρόκειται για τον συνδυασμό διαφόρων τεχνολογιών ώστε να υλοποιηθεί μια δικτυακή εφαρμογή, η οποία θα υποστηρίξει την ιδέα του αντικειμένου που αναφέρθηκε προηγουμένως καθώς και να υποστηρίξει άτομα τα οποία θέλουν να δημιουργήσουν πανοραμικές εικόνες με σχετική ευκολία.

1.2 Οργάνωση κειμένου

Το κείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελείται από πέντε (5) ενότητες καθώς και έξι (6) κεφάλαια. Οι ενότητες "Περίληψη" και "Abstract" συνοψίζουν το περιεχόμενο που ακολουθεί συνοπτικά και με λίγες λέξεις ώστε να δώσει στον αναγνώστη μια γρήγορη ματιά στον στόχο και σκοπό που θα διαπραγματευτεί στην συνέχεια ενώ θα αναλυθεί η εργασία. Στην ενότητα "Περιεχόμενα" παρουσιάζονται όλες οι ενότητες και κεφάλαια με τη μορφή τίτλων καθώς και περιεχομένων αυτών. Το Κεφάλαιο ένα (1) αποτελεί την εισαγωγή. Στο Κεφάλαιο δύο (2) περιγράφεται το θεωρητικό υπόβαθρο που στηρίχθηκε η παρούσα εργασία. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται εξήγηση στην διαδικασία με την οποία βασίστηκε ο πυρήνας της εφαρμογής ο οποίος είναι η συρραφή των εικόνων. Το Κεφάλαιο τρία (3) ασχολείται με την παρουσίαση όλων των εργαλείων και τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υλοποιηθεί η ιδέα της εφαρμογής. Θα εξηγηθούν οι γλώσσες προγραμματισμού, οι βιβλιοθήκες και οι γλώσσες σήμανσης που συνέβαλαν στον παραπάνω σκοπό. Με το Κεφάλαιο (4) θα γίνει ανάλυση στον τρόπο με τον οποίο οργανώθηκε, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε τελικά η εφαρμογή ώστε να πάρει το τελικό της κέλυφος. Με το Κεφάλαιο πέντε (5) θα παρουσιαστούν και προβληθούν εικόνες της για να φανεί η λειτουργικότητα και το περιβάλλον στον αναγνώστη. Στο Κεφάλαιο έξι (6) θα γίνει σύνοψη και εξαγωγή συμπερασμάτων από τα παραπάνω, καθώς και θα αναφερθούν και μελλοντικές επεκτάσεις για τη βελτίωση και εξέλιξη της εφαρμογής. Τέλος, στην ενότητα "Αναφορές" αναγράφονται όλες οι αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία και αυτές μπορεί να είναι είτε βιβλιογραφικές είτε δικτυογραφικές.

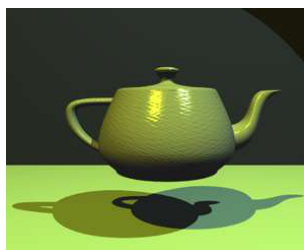
2 Θεωρητικό υπόβαθρο

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστεί το θεωρητικό υπόβαθρο που χρειάστηκε για την παρούσα πτυχιακή εργασία. Επιπλέον, θα παρουσιαστούν και έννοιες οι οποίες θα χρειαστούν στις επόμενες ενότητες.

2.1 Γραφικά με Υπολογιστές

Με τον όρο "Γραφικά με Υπολογιστές" εννοούμε οτιδήποτε σχετίζεται με τη δημιουργία ή χειρισμού στατικών ή/και κινούμενων εικόνων σε έναν υπολογιστή [38]. Η περιοχή αυτή ανήκει σε έναν από τους επιστημονικούς κλάδους της Πληροφορικής με τα τελευταία χρόνια να έχει μεγάλη ανάπτυξη χάρη στη βελτίωσή υλικού και λογισμικού καθώς υπάρχει αυξημένη ανάγκη στην πληθώρα εφαρμογών της [38].

Οι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιούνται τα γραφικά με τους υπολογιστές ποικίλουν και μπορούν εύκολα να απαντηθούν από την παρουσίαση των εφαρμογών τους. Μπορούν να εφαρμοστούν στις επιστήμες για την οπτικοποίηση δεδομένων (Data Visualization), προσομοίωση καταστάσεων (πτήσεων, πειραμάτων κ.ά.) και ιατρικές εφαρμογές [7]. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διασκέδαση παραδείγματος χάρη σε ηλεκτρονικά παιχνίδια (Video Games) και ταινίες, στην τέχνη για τη δημιουργία ψηφιακών έργων τέχνης και τέλος σε διαφημιστικούς σκοπούς και συγκεκριμένα στον τρόπο παρουσίασης για καλύτερη προώθηση των προϊόντων ή υπηρεσιών [7].



Σχήμα 1: Ψηφιακή αναπαράσταση τσαγιέρας

Σχετικές περιοχές με αυτή των γραφικών στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές [38]:

- Γραφική με υπολογιστές (Computer Graphics)
- Τεχνητή όραση (Computer Vision)
- Επεξεργασία - Ανάλυση Εικόνων (Image Processing - Analysis)
- Αλληλεπίδραση Ανθρώπου - Υπολογιστή (Human - Computer Interaction)

2.2 Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας είναι ένας κλάδος της επιστήμης της Πληροφορικής και αποτελεί πλέον μια επιστήμη η οποία ασχολείται με την αντιμετώπιση προκλήσεων κατά την διαχείριση και επεξεργασία ψηφιακών εικόνων χρησιμοποιώντας ένα σύνολο ποικίλων διαθέσιμων αλγορίθμων ανάλογα [40, p. 1.1]. Προτού όμως γίνει περαιτέρω εξήγηση για τον παραπάνω κλάδο αρχικά καλό θα ήταν να οριστεί ο όρος ψηφιακή εικόνα.

Με τον όρο ψηφιακή εικόνα εννοούμε το αποτέλεσμα της μεταφοράς μιας εικόνας αναλογικού σήματος από τον φυσικό στον ψηφιακό κόσμο [40, p. 1.2]. Γενικά, αναπαρίσταται στον υπολογιστή ως ένας πολυδιάστατος πίνακας μεγέθους όσο και οι διαστάσεις της εικόνας, όπου αυτές περιγράφονται με το πλήθος των εικονοστοιχείων (pixel) της εικόνας για παράδειγμα $M \times N$. Οι τιμές κάθε εικονοστοιχείου μπορεί να είναι απλές τιμές ή και αυτές ένας πολυδιάστατος πίνακας ανάλογα με το πλήθος των καναλιών της εικόνας. Για παράδειγμα, στις ψηφιακές εικόνες αποχρώσεων του γκρι, οι οποίες έχουν μόνο ένα κανάλι, οι τιμές των στοιχείων είναι ένας αριθμός ενώ στις έγχρωμες, τριών καναλιών, οι τιμές είναι πίνακες. Αυτά προσδιορίζουν τις τιμές εντάσεως φωτεινότητας του εικονοστοιχείου για το αντίστοιχο κελί του.

Η περιοχή αυτή βρίσκει ποικίλες εφαρμογές οι οποίες σκοπό έχουν να βελτιώσουν το αντικείμενο με το οποίο εμπλέκονται [17]. Οι περιστάσεις στις οποίες χρησιμοποιείται κυρίως είναι οι ακόλουθες. Όπως, στη βελτίωση και αποκατάσταση εικόνων όπου ουσιαστικά γίνεται επεξεργασία για την αλλαγή της εμφάνισης της εικόνας, στο χώρο της ιατρικής για την αποικόνηση εικόνων τύπου Gamma-ray, X-ray και UV, στον χώρο της ρομποτικής και συγκεκριμένα στον τομέα της ρομποτικής όρασης και όρασης μηχανής [40, p. 1.2], στην αναγνώριση προτύπων ιδιαίτερα πάνω σε δεδομένα εικόνων και τέλος στην επεξεργασία video για τη διαχείριση του ρυθμού του, την αφαίρεση τμημάτων με θόρυβο (ανεπιθύμητη πληροφορία) στην εικόνα κ.ά. [17].



(α') Εικόνα με θόρυβο



(β') Εικόνα μετά την αφαίρεση θορύβου

Σχήμα 2: Παράδειγμα αφαίρεσης θορύβου εικόνας

2.3 Τεχνητή νοημοσύνη

Η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence) περιλαμβάνεται σε έναν από τους κλάδους της επιστήμης της Πληροφορικής και βρίσκεται σε μεγάλη ανάπτυξη στις μέρες μας. Πρόκειται για ένα οικουμενικό πεδίο καθώς καλύπτει πεδία πολλών επιστημών. Στόχος, της είναι η μίμηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, όπως για παράδειγμα μάθηση και εξαγωγή συμπερασμάτων, και η εφαρμογή της σε προγράμματα υπολογιστικών συστημάτων [29]. Παρόλα αυτά, η τεχνητή νοημοσύνη βρίσκει εφαρμογές και σε άλλους επιστημονικούς χώρους όπως η ψυχολογία, φιλοσοφία, νευρολογία, γλωσσολογία καθώς και σε αυτών των μηχανικών επιστημών [41].

2.4 Υπολογιστική Όραση

Η υπολογιστική όραση (Computer Vision), γνωστή ως και μηχανική ή τεχνητή όραση, είναι ένα επιστημονικό πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης με το οποίο ο συνδυασμός πλήθους κατάλληλων αλγορίθμων επιτυγχάνει την αίσθηση της όρασης σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οι αλγόριθμοι λαμβάνουν δεδομένα εισόδου οποιασδήποτε μορφής εικόνων που μπορούν να περάσουν σε ψηφιακή εφαρμογή ώστε να επεξεργαστούν και στη συνέχεια να παραχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα βάσει αυτών. Ως τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει διάφορες ανθρώπινες ανάγκες, αυτοματοποιημένες διαδικασίες καθώς και ερευνητικών σκοπών για να τη βελτίωση της ανθρώπινης ζωής.

Αν χωριστούν οι εφαρμογές ανά κατηγορίες προκύπτουν τα εξής συστήματα: Έλεγχος διαδικασιών, Ανίχνευση συμβάντων, Οργάνωση πληροφοριών, Εξομίωση αντικειμένων και περιβαλλόντων και Αλληλεπίδραση χρηστών με υπολογιστικά συστήματα [8].

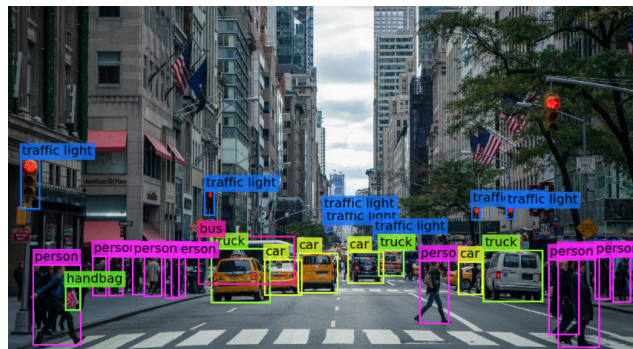
Στα συστήματα ελέγχου διαδικασιών περιλαμβάνονται εφαρμογές όπως βιομηχανικά ρομπότ (industrial robots) τα οποία ευθύνονται για την άρτια διαχείριση της γραμμής παραγωγής των προϊόντων, τα αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα (Self-driving cars) που χρησιμεύουν σε άτομα με κινητικά προβλήματα καθώς και στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης ατυχημάτων στους δρόμους [15] και για την αναγνώριση σημαδιών κυκλοφορίας για την ενημέρωσή των οδηγών [19].

Τα συστήματα ανίχνευσης συμβάντων εφαρμόζονται κυρίως στην οπτική παρατήρηση. Παράδειγμα αυτού του είδους είναι οι κάμερες επιβολής κυκλοφορίας (Traffic enforcement cameras) τα οποία αφορούν την επίβλεψη από τις αρχές για την άρτια και ομαλή τήρηση των κανόνων κυκλοφορίας στους δρόμους [2]. Άλλα παραδείγματα αυτών είναι η αναγνώριση χαρακτηριστικών του ανθρώπου όπως για παράδειγμα το ανθρώπινο πρόσωπο (Facial recognition system) τα οποία χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές σε περιοχές όπου κρίνονται απαραίτητα υψηλά μέτρα ασφαλείας καθώς και για ιατρικούς λόγους [10], συστήματα οπτικής αναγνώρισης συμβόλων (Optical character recognition) για τη μετατροπή φυσικών σελίδων κειμένων σε ψηφιακή μορφή για περαιτέρω επεξεργασία [37].

Στα συστήματα οργάνωσης πληροφοριών εφαρμόζονται στην ευρετηριοποίηση βάσεων δεδομένων και ακολουθιών εικόνων για καλύτερη απόδοση και υποστήριξη πολυμεσικού περιεχομένου σε αυτές.

Τα συστήματα εξομοίωσης αντικειμένων και περιβαλλόντων αφορούν εφαρμογές σχετικά με την ιατρική ανάλυση εικόνων όπως για παράδειγμα η τμηματοποίηση του όγκου του εγκεφάλου για την αποφυγή πρωταρχικών καρκινικών όγκων του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού [33] καθώς και αυτές επαυξημένης πραγματικότητας όπως για παράδειγμα στο στρατό για την προσομοίωση και εκπαίδευση σε δύσβατους χώρους και επικίνδυνους αποστολές, στο χώρο της ιατρικής ώστε εκπαιδευόμενοι, και μη, να επιχειρούν εικονικά χειρουργικές επεμβάσεις, σε διαστημικούς σταθμούς για την διεξαγωγή πειραμάτων στη μηδενική βαρύτητα, καθώς και άλλες.

Τέλος, στα συστήματα αλληλεπίδρασης χρηστών με υπολογιστικά συστήματα με παράδειγμα η αναγνώριση χειρονομιών (Gesture recognition) για την εξέλιξη του υπάρχον γραφικού περιβάλλοντος (GUI) των εφαρμογών με τη χρήση των χειρονομιών του ανθρώπινου σώματος τα οποία εδώ και χρόνια χρησιμοποιούσαν είσοδο μόνο πληκτρολόγιο και ποντίκι [30].



Σχήμα 3: Αναγνώριση ανθρώπων και αντικειμένων σε ανοιχτό χώρο

2.5 Συρραφή εικόνων

Η συρραφή εικόνων (Image Stitching) είναι μια ανοιχτή περιοχή στον τομέα της υπολογιστικής όρασης και των γραφικών με υπολογιστές [9]. Συγκεκριμένα είναι μια διαδικασία με την οποία τουλάχιστον δύο εικόνες με κοινό περιεχόμενο, δηλαδή της ίδιας σκηνής, συνδυάζονται ώστε να προκύψει μια νέα εικόνα μεγαλύτερης ευκρίνειας. Η προκύπτουσα εικόνα από την προηγούμενη διαδικασία ονομάζεται πανοραμική εικόνα. Είναι μια ευαίσθητη διαδικασία αφού η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται άμεσα από την επικάλυψη και την αντιστοίχιση των εικόνων καθώς και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ένωση τους. Πρόκειται για μια τεχνική όπου στις μέρες φαίνεται να γίνεται ολοένα και πιο αναγκαία με μεγάλη χρησιμότητα στο πεδίο που αναπτύσσεται και πρόκληση στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου [9]. Μερικά παραδείγματα εφαρμογών μπορούν να συνοψιστούν στη συνέχεια. Είναι κομμάτι των διαδικασιών όπως σταθεροποίησης πλαισίων βίντεο (video stabilization), σύναψης

αυτών (video summarization), συμπίεση βίντεο (video compression) και δημιουργία πανοραμμάτων (panoramic image stitching) [9].

2.5.1 Βασικά συστατικά αλγορίθμου συρραφής εικόνων

Όσον αφορά, τα βασικά συστατικά της διαδικασίας της συρραφής εικόνων μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις κατηγορίες. Συγκεκριμένα στη βαθμονόμηση (Calibration), εγγραφή εικόνων (Image Registration) και ανάμειξη (Blending) αυτών. Ο στόχος της βαθμονόμησης της κάμερας είναι η παραγωγή μιας εκτίμησης των εξωγενών και εγγενών παραμέτρων κάμερας [9].

Η βαθμονόμηση της εικόνας στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των διαφορών μεταξύ ενός ιδανικού μοντέλου φακού και του συνδυασμού κάμερας-φακού που χρησιμοποιήθηκε. Αυτές οι διαφορές οφείλονται σε οπτικά ελαττώματα όπως στρεβλώσεις και διαφορές έκθεσης μεταξύ εικόνων. Οι εσωτερικές και οι εξωγενείς παράμετροι της κάμερας ανακτώνται προκειμένου να αναδημιουργηθεί η δομή 3D μιας σκηνής από τις συντεταγμένες των εικονοστοιχείων του σημείου της εικόνας.

Στην εγγραφή των εικόνων συγκρίνονται πολλαπλές εικόνες και με διάφορες τεχνικές βρίσκονται οι κατάλληλοι μετασχηματισμοί για την ευθυγράμμιση μεταξύ τους [9]. Σκοπός του είναι να δημιουργήσει γεωμετρική αντιστοιχία μεταξύ εικόνων. Επομένως, μπορούμε να συγκρίνουμε εικόνες και να εφαρμόζουμε κατάλληλα άλλα βήματα. Διαφορετικά μπορεί να ειπωθεί πως το στάδιο της εγγραφής ορίζεται ως η διαδικασία ευθυγράμμισης δύο ή περισσότερων εικόνων που συλλαμβάνονται από διαφορετικές οπτικές γωνίες.

Η ανάμειξη (blending) εικόνας επεξεργάζεται για να κάνει τη μετάβαση από μια εικόνα σε μια άλλη πιο ομαλή [9]. Σε αυτό το στάδιο τελικά οι εικόνες συγχέονται για να σχηματίσουν τη ζητούμενη ενιαία εικόνα.

2.5.2 Τεχνικές

Οι τεχνικές που έχουν προταθεί για τη συρραφή εικόνων ποικίλουν. Οι βασικές από αυτές για τη παραπάνω διαδικασία είναι η άμεση μέθοδος και οι τεχνικές βασισμένες σε χαρακτηριστικά.

Οι άμεσοι μέθοδοι χρησιμοποιούν τη σύγκριση όλων εντάσεων φωτεινότητας των εικόνων μεταξύ τους και στη συνέχεια λαμβάνει μια διαφορική μέτρηση των εικονοστοιχείων σε ένα σημείο όπου οι εικόνες αλληλεπικαλύπτονται, το οποίο μπορεί επίσης να οριστεί από την άποψη της συνάρτησης κόστους που συζητείται στα επόμενα βήματα [28]. Μπορεί να γίνει διακριτό πως οι παραπάνω τεχνικές δεν είναι αρκετά υπολογιστικά βέλτιστοι καθώς πρέπει να γίνει σύγκριση των εικονοστοιχείων ως προς των άλλων με τις άλλες εικόνες [9]. Επιπλέον, ένα άλλο αρνητικό φαινόμενο που εμφανίζουν παρατηρείται στο γεγονός πως δεν είναι αμετάβλητες στην κλίμακα και την περιστροφή της εικόνας [9]. Από την άλλη πλευρά το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι πως χρησιμοποιεί όλη τη διαθέσιμη πληροφορία της εικόνας κατά την ευθυγράμμιση της και αυτό συμβαίνει διότι κάθε εικονοστοιχείο λαμβάνεται υπ' όψη στη διαδικασία [9].

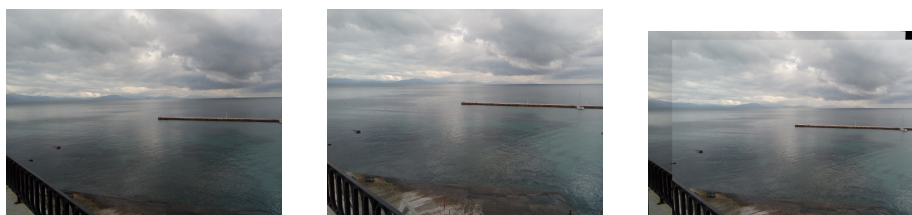
Οι τεχνικές που βασίζονται στα χαρακτηριστικά χρησιμοποιούν τεχνικές εξαγωγής χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα, συγκρίνουν τα χαρακτηριστικά μιας ει-

κόνας ως προς τις άλλες χρησιμοποιώντας τους τοπικούς περιγραφές αυτών κατά την εξαγωγή τους. Οι πιο γνωστοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών είναι οι εξής [9]: Harris, SIFT, SURF, FAST, PCA-SIFT and ORB. Το πλεονέκτημα που εμφανίζεται χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνικές διακρίνεται στην ανθεκτικότητα που έχουν κατά τη μεταβολή της σκηνής [9]. Επιπλέον, είναι αποδοτικοί καθώς μέσα από ένα σύνολο μη διατεταγμένων εικόνων βρίσκονται σχέσεις γειτονικές μεταξύ τους [9].

2.5.3 Πανοραμική συρραφή εικόνων

Για την πανοραμική συρραφής εικόνων η εργασία αυτή εστιάζει στη χρήση των μεθόδων συρραφής εικόνων με χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα στην εργασία που πραγματοποιήθηκε από τους M. Brown and D. G. Lowe (2003) [18]. Σε αυτή την εργασία προτάθηκε ένας ολοκληρωμένος αλγόριθμος ο οποίος μπορεί να καταφέρει να αυτοματοποιήσει τη διαδικασία της συρραφής εικόνων. Τα κύρια βήματα του αλγορίθμου παρατίθενται στη συνέχεια με μια συνοπτική περιγραφή για το καθένα.

Το πρώτο βήμα είναι η εξαγωγή και σύγκριση των χαρακτηριστικών σημείων ScaleInvariant Feature Transformation (SIFT). Όταν εξαχθούν τα χαρακτηριστικά σημεία των εικόνων εισόδου θα πρέπει να ταιριάζουν. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση του αλγορίθμου της τεχνητής νοημοσύνης k-Nearest-Neighbors (kNN) αλλά στην εκδοχή του με τη χρήση των k-d tree για καλύτερη απόδοση και μικρότερη πολυπλοκότητα. Στη συνέχεια, θα επιλυθεί το πρόβλημα της ομογραφίας με την οποία θα προκύψουν ποια σημεία των εικόνων εισόδου είναι συμβατά και ταιριάζουν πραγματικά μεταξύ τους. Τα σημεία που είναι χρήσιμα στη διαδικασία αναφέρονται ως "inliers" και τα μη ως "outliers". Οι εικόνες που ταιριάζουν περισσότερο προστίθενται στην αλγοριθμική διαδικασία για τη συνέχεια της όπου θα λειτουργήσει ο αλγόριθμος RANdom SAMple Consensus (RANSAC) για να υπολογίσει την ομογραφία και στη συνέχεια χρησιμοποιείται ένα πιθανοτικό μοντέλο για να επαληθευση του αριθμού των καλών αντιστοιχιών (inliers) [18, p. 62]. Τέλος, γίνεται χρήση ανεπτυγμένων φίλτρων για να διορθωθούν ατέλειες στην τελική πανοραμική εικόνα που θα προκύψει.



(α') Εικόνα 1

(β') Εικόνα 2

(γ') Τελική εικόνα

Σχήμα 4: Παράδειγμα συρραφής εικόνων

2.5.4 kNN με τη χρήση των k-d trees

Τα k-d trees είναι μια δομή δεδομένων η οποία χωρίζει το διάστημα, στο οποίο αναπαριστώνται, επανειλημμένα διαλέγοντας κάθε φορά ένα σημείο από το σύνολο δεδομένων για να χωρίσει το τρέχον διαμέρισμα στο μισό [26]. Επιπλέον, σε κάθε διάσταση εκτελείται νέα διάσπαση.

Πρόκειται για μια διαδικασία με την οποία οι χρόνοι αναζήτησης του πλησιέστερου γείτονα απαιτούν χρόνους αναζήτησης περισσότερα από $O(n)$, ενώ με αυτή τη μέθοδο επιτυγχάνονται χρόνοι όπως $O(k \log n)$ [26].

2.5.5 Ομογραφία

Η ομογραφία είναι η σχέση των σημείων μια εικόνας με μία άλλη [25, p. 3]. Για να ισχύει αυτή η προϋπόθεσή θα πρέπει και οι δυο εικόνες να τηρούν τις εξής προϋποθέσεις: και οι δυο εικόνες να απεικονίζουν την ίδια σκηνή από διαφορετική οπτική γωνία και να έχουν παρθεί από την ίδια κάμερα με διαφορετική γωνία [25, p. 4]. Βάση αυτών αν θεωρηθεί ένα σημείο A στη μια εικόνα και ένα άλλο B στην άλλη τότε ορίζεται η ομογραφία M, ένας πίνακας τρία επί τρία (3×3), και σχετίζει τις ομογενείς συντεταγμένες των σημείων μεταξύ τους ως εξής: $B = M \times A$ [25, p. 3].

$$B = M \times A \Leftrightarrow \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.5.6 RANSAC για τον υπολογισμό της ομογραφίας

Ο αλγόριθμος RANSAC είναι ένας μη ντετερμινιστικός αλγόριθμος καθώς δεν είναι σίγουρα και αποδεκτά τα αποτελέσματά του [9]. Είναι μια επαναληπτική μέθοδος και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση παραμέτρων της ομογραφίας ενός μαθηματικού μοντέλου από ένα σύνολο παρατηρούμενων δεδομένων το οποίο περιέχει εκτρεπόμενες τιμές (outliers) [9].

Συνοπτικά, ο αλγόριθμος εκτελεί τα ακόλουθα βήματα [40, p. 11.28,11.29]:

- Προσδιόρισε τρία σημεία στην εικόνα.
- Βάση των χαρακτηριστικών του κάθε σημείου και της απόστασης μεταξύ τους, επέλεξε σημεία στην άλλη εικόνα που είναι πιθανότερο να ταιριάζουν με της πρώτης.
- Βρες τη καλύτερη τριάδα σημείων που ταιριάζουν περισσότερο μεταξύ τους.
- Προσδιόρισε την ευκλείδεια απόσταση στα σημεία που μοιάζουν να ταιριάζουν περισσότερο από τα υπόλοιπα.
- Επανάλαβε τα παραπάνω βήματα ώστε είτε η Ευκλείδεια απόσταση που θα βρεθεί να είναι το δυνατόν μικρότερη είτε να έχει ολοκληρωθεί ο αριθμός των επαναλήψεων.

- Επέστρεψε τον γεωμετρικό μετασχηματισμό αν βρέθηκε.

2.5.7 Προκλήσεις

Όπως και σε σχεδόν κάθε μέθοδο επίλυσης προβλήματος είναι λογικό και σε αυτή τη περίπτωση να εμφανιστούν προκλήσεις στη διαδικασία συρραφής εικόνων. Αρχικά, τα ίδια τα δεδομένα [9]: Πολλές φορές παρατηρείται σε αυτά θόρυβος και προκαλούν αβεβαιότητα για τη φύση τους. Όταν η εικόνα εμπλέκεται με αυτό αλλοιώνεται και με αυτό το τρόπο ιδιαίτερα στις μεθόδους εξαγωγής χαρακτηριστικών η εξαγωγή αυτών θα δημιουργήσει λανθασμένα αποτελέσματα. Μία άλλη πρόκληση είναι το πλήθος και ο όγκος δεδομένων εισόδου [9]. Είναι προφανές πως μια μεγάλη συλλογή εικόνων για αυτή τη διαδικασία μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλους χρόνους υπολογισμών, άρα αυξάνεται το υπολογιστικό κόστος καθώς κάθε εικόνα χρειάζεται την επεξεργασία της. Τέλος, το πιο εμφανές πρόβλημα που παρατηρείται είναι το φαινόμενο της παράλλαξης (parallax) [9]. Η παράλλαξη είναι μια μετατόπιση ή διαφορά στη φαινομενική θέση ενός αντικειμένου που παρατηρείται κατά μήκος δύο διαφορετικών παρατηρητών. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να παρουσιαστεί από μικρές κινήσεις σε κάποια σκηνή, όπως για παράδειγμα η κίνηση των ανθρώπων και τη κίνηση αντικειμένων (π.χ. κλαδιά κ.λ.π.) από τον αέρα.

2.6 Βάση δεδομένων

Ένα σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων (database-management system - RDBMS) είναι μια συλλογή από συσχετισμένα δεδομένα καθώς και προγράμματα σε αυτά για την εκτέλεση βασικών έως και σύνθετων λειτουργιών σε αυτά όταν αυτά χρειάζονται. Μία βάση δεδομένων αφορά τη συλλογή δεδομένων όπου αποθηκεύονται και παρέχεται η δυνατότητα ανάκτηση με το δυνατό καλύτερο και πιο αποτελεσματικό τρόπο [1, p. 1]. Κάθε βάση δεδομένων χρησιμοποιεί ένα μοντέλο δεδομένων. Συγκεκριμένα γίνεται η χρήση λογικών εργαλείων για να γίνει η περιγραφή της σχεδίασης της [1, p. 8]. Τα μοντέλα τα οποία κυριαρχούν και χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις μέρες μας είναι το Σχεσιακό Μοντέλο (Relational Model), το Μοντέλο Οντότητας-Σχέσης (Entity-Relationship Model), το Αντικειμενοστραφές Μοντέλο Δεδομένων (Object-Based Data Model) και το Ήμι-δομημένο Μοντέλο δεδομένων (Semistructured Data Model) [1, p. 9].

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε χρήση του Σχεσιακού Μοντέλου Δεδομένων καθώς η βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται πρόκειται για σχεσιακή. Με τον όρο σχεσιακή βάση δεδομένων εννοούμε ένα σύνολο από πίνακες που περιέχουν δεδομένα και συνδέονται μεταξύ τους βάση κάποιων σχέσεων που τους έχουν οριστεί ρητά [1, p. 9]. Ένα πίνακας, συνήθως δισδιάστατου μεγέθους, περιέχει γραμμές οι οποίες είναι τα δεδομένα, γνωστά ως εγγραφές, του καθώς και στήλες οι οποίες προσδιορίζουν το τι αντιπροσωπεύουν αυτά, δηλαδή τις ιδιότητές.

Επιπλέον, έγινε χρήση και του μοντέλου Οντότητας-Συσχέτισης για τη σχεδίαση της βάσης δεδομένων καθώς απεικονίζει σε ένα λογικό σχήμα τις έννοιες και τις αλληλεπιδράσεις των πινάκων σε αυτή. Το μοντέλο Οντότητας-Συσχέτισης χρησιμοποιεί ένα σύνολο αντικειμένων με τα οποία αναπαριστά τη δομή μιας βάσης δεδομένων [1, p. 17]. Τα πιο βασικά από αυτά είναι οι οντότητες και οι σχέσεις που

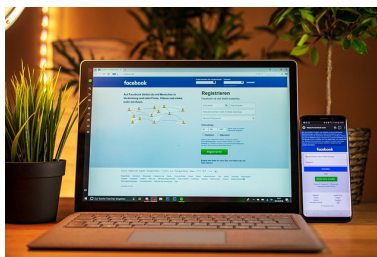
τις συνδέουν μεταξύ τους. Οι οντότητες χαρακτηρίζουν αντικείμενα και μη, παραδείγματος χάρη ανθρώπους και πανεπιστήμια, Επιπλέον, η κάθε οντότητα περιέχει και αυτό ένα σύνολο από ιδιότητες που το χαρακτηρίζουν.

Η αναπαράσταση ενός μοντέλου Οντότητας συσχέτισης αναπαριστάται με τη χρήση του Διαγράμματος Οντότητας-Συσχέτισης. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τον τρόπο σχεδίασης του. Ο επικρατέστερος είναι αυτός που χρησιμοποιεί τη γλώσσα Unified Modeling Language (UML) [1, p. 17].

2.7 Διαδικτυακή εφαρμογή

Μια διαδικτυακή εφαρμογή πρόκειται για μια εφαρμογή η οποία προκειμένου να είναι διαθέσιμη και να χρησιμοποιηθεί από χρήστες θα πρέπει αυτοί να είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο και η πρόσβασή της να γίνει μέσω κάποιου περιηγητή ιστού. Αυτού του είδους οι εφαρμογές ανήκουν πολύ πιθανόν σε εταιρίες, οι οποίες τρέχουν σε μεγάλα υπολογιστικά συστήματά τους και μοιράζουν το περιεχόμενο τους στον ιστό [36].

Πλέον στις μέρες μας οι διαδικτυακές εφαρμογές είναι μέρος τις ενασχόλησης της ζωής των ανθρώπων είτε για τον ελεύθερο χρόνο τους είτε επαγγελματικά εμφανίζουν και αυτές πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ενδεικτικά, τα βασικά πλεονεκτήματα είναι τα εξής: η άμεση πρόσβαση από οποιαδήποτε συσκευή, σχεδόν ανεξαρτήτου τοποθεσίας, πάρα πολύ μικρές υπολογιστικές απαιτήσεις καθώς και καμία ανάγκη φυσικού χώρου συστήματος από τον χρήστη της αφού η εφαρμογή λειτουργεί σε απομακρυσμένο υπολογιστικό σύστημα του κατόχου της εφαρμογής. Από την άλλη πλευρά, τα κύρια μειονεκτήματα αυτών των εφαρμογών είναι: η αδυναμία χρήσης της εφαρμογής εκτός διαδικτύου και η έλλειψη συμβατότητάς της από τους διαθέσιμους περιηγητές ιστού [36].



Σχήμα 5: Παράδειγμα διαδικτυακής εφαρμογής

Αφού εξηγήθηκε τι είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή μπορεί να γίνουν αντιληπτά τα βασικά συστατικά της. Σε αυτά μπορεί να γίνει διαχωρισμός από την πλευρά του χρήστη και του κατόχου της εφαρμογής. Από την πλευρά του χρήστη πρόκειται για τον τρόπο παρουσίασης, την εμφάνιση και τις ρυθμίσεις των πληροφοριών στην εφαρμογή. Από την άλλη πλευρά, ο κάτοχος κατέχει τα δομικά συστατικά. Αυτά χωρίζονται σε τρεις περιπτώσεις. Η πρώτη αφορά τον περιηγητή που λειτουργεί και την διαδραστικότητα του χρήστη με την εφαρμογή σε αυτήν βάση

των διαφόρων τεχνολογιών του διαδικτύου σύμφωνα με τις απαιτήσεις που εγείρονται [24]. Η δεύτερη περιέχει τον διακομιστή εφαρμογών ιστού όπου θα ευθύνεται για την λειτουργία και διαμοιρασμό της εφαρμογής στους χρήστες της [24].

3 Εργαλεία και Τεχνολογίες

3.1 Επιλογή εργαλείων

Τα εργαλεία αλλιώς λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά και κατά την διάρκεια ανάπτυξης της εφαρμογής ήταν τα εξής:

- Visual Studio Code [20]
- Google Chrome [13]

3.1.1 Το εργαλείο Visual Studio Code

Το Visual Studio Code (VSC) πρόκειται για ένα εργαλείο συγγραφής κώδικα γλωσσών προγραμματισμού. Δημιουργήθηκε και συνεχίζει να αναπτύσσεται από την Microsoft και έως τώρα παραμένει ακόμα ανοιχτού πηγαίου κώδικα [20]. Είναι διαθέσιμο και λειτουργικό σε όλα τα πλέον δημοφιλή λειτουργικά συστήματα και συγκεκριμένα σε Microsoft Windows, Mac OS και σε ποικίλες διανομές Linux [20]. Οι γλώσσες προγραμματισμού και σήμανσης που υποστηρίζονται είναι ποικίλες και αυτές μπορούν να βρεθούν συνοπτικά στην ίδια τους την ιστοσελίδα. Περιλαμβάνει αρκετά εργαλεία και δυνατότητες επέκτασης και μπορούν να συνοψιστούν παρακάτω.

Τα εργαλεία και οι δυνατότητες του VSC επεκτείνουν αρκετά το λογισμικό και διευκολύνουν ακόμα περισσότερο τον προγραμματιστή στην δουλειά του. Συγκεκριμένα, παρέχεται η ικανότητα αντισφαλμάτωσης κώδικα με γραφικό τρόπο από το περιβάλλον του, σύνδεση του σύστημα ελέγχου εκδόσεων προγραμμάτων GIT με πλούσιο γραφικό χαρακτήρα καθώς και δυνατότητα για προσθήκη επεκτάσεων που βοηθούν στη συγγραφή κώδικα όσο και στην εμφάνιση του ίδιου του VSC.



Σχήμα 6: Το λογότυπο του εργαλείου Visual Studio Code

3.1.2 Ο περιηγητής Google Chrome

Το Google Chrome είναι ένα πρόγραμμα περιήγησης στο Διαδίκτυο. Επίσημα, κυκλοφόρησε τον Δεκέμβριο του 2008 και συνεχίζει την ανάπτυξή του από την εταιρεία Google. Πλέον, αποτελεί το πιο δημοφιλές πρόγραμμα περιήγησης στον κόσμο έως τώρα. Τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι η ταχύτητα λειτουργίας, οι λειτουργίες της Google οι οποίες συνδυάζονται με αυτό, η ασφάλεια περιήγησης στην εμπειρία του χρήστη και η πρόσβαση του από οποιοδήποτε ηλεκτρονική συσκευή (π.χ. ηλεκτρονικοί υπολογιστές, έξυπνα τηλέφωνα, κ.λ.π.) [13].



Σχήμα 7: Το λογότυπο του περιηγητή Ιστού Google Chrome

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η δυνατότητα Chrome DevTools. Το Chrome DevTools είναι ένα σύνολο εργαλείων ενσωματωμένα στο πρόγραμμα του περιηγητή. Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από έναν προγραμματιστή, και μη, για την διάγνωση και τον έλεγχο ροής της διαδικτυακής εφαρμογής που επιβλέπει ή και κατασκευάζει. Με αυτόν τον τρόπο μικρές διορθώσεις στην εμφάνιση (π.χ. χρώμα, στοίχιση, κ.λ.π.) και επιβλέψεις στην λειτουργικότητά (π.χ. κατανάλωση πόρων, δίκτυο κ.λ.π.) της γίνονται αρκετά εύκολες και προσιτές σε αυτόν [14].

3.2 Η γλώσσα προγραμματισμού Python

Η Python είναι μια ερμηνευμένη, αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού για ηλεκτρονικούς υπολογιστές υψηλού επιπέδου με δυναμική σημασιολογία [1]. Δημιουργήθηκε από τον Guido van Rossum και κυκλοφόρησε δημοσίως το 1991 [1]. Οι υψηλού επιπέδου ενσωματωμένες δομές δεδομένων, σε συνδυασμό με τη δυναμική πληκτρολόγηση και τη δυναμική σύνδεση, την καθιστούν πολύ ελκυστική για την ταχεία ανάπτυξη εφαρμογών. Η απλή και εύκολη σύνταξη της Python δίνει έμφαση στην αναγνωσιμότητα και επομένως μειώνει το κόστος συντήρησης του προγράμματος. Περιέχει υποστηρίξη δομοστοιχείων (modules) και πακέτων (packages), τα οποία ενθαρρύνουν τη διαμόρφωση του προγράμματος και την επαναχρησιμοποίηση του κώδικα. Ο διερμηνέας της και η εκτεταμένη τυποποιημένη βιβλιοθήκη (extensive standard library) είναι διαθέσιμοι πηγαία και σε δυαδική μορφή χωρίς κάποια μορφή χρηματική επιβάρυνσης προς όλες τις μεγάλες πλατφόρμες όπου μπορούν και να διανεμηθούν ελεύθερα.

Στις μέρες, λόγω της αυξημένης παραγωγικότητας που προσφέρει είναι αρκετά προσιτή τόσο για έμπειρους όσο και για νέου προγραμματιστές στον χώρο ανάπτυξης λογισμικού. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει κανένα βήμα για τη μεταγλώττιση, ο κύκλος επεξεργασίας-δοκιμής-εντοπισμού σφαλμάτων είναι απίστευτα γρήγορη. Τα προγράμματα εντοπισμού σφαλμάτων της είναι εύκολα: ένα σφάλμα ή κακή είσοδος δεν θα προκαλέσει ποτέ σφάλμα κατάκτησης. Αντίθετα, όταν ο διερμηνέας ανακαλύψει ένα σφάλμα, εγείρει μια εξαίρεση. Όταν το πρόγραμμα δεν καλύψει την εξαίρεση, ο διερμηνέας εκτυπώνει ένα ίχνος στοίβας. Ένα εργαλείο εντοπισμού σφαλμάτων σε επίπεδο πηγής επιτρέπει την επιθεώρηση των τοπικών και παγκόσμιων μεταβλητών, την αξιολόγηση των αυθαίρετων εκφράσεων, τη ρύθμιση των σημείων διακοπής, τη μετάβαση από τον κώδικα σε μια γραμμή τη φορά και ούτω καθεξής. Το πρόγραμμα εντοπισμού σφαλμάτων γράφεται στην ίδια την Python, μαρτυρώντας την ενδοσκοπική δύναμη της. Από την άλλη πλευρά, συχνά ο ταχύτερος τρόπος για τον εντοπισμό σφαλμάτων σε ένα πρόγραμμα είναι να προστε-

θούν από τον προγραμματιστή μερικές εκτυπώσεις στην πηγή: ο γρήγορος κύκλος επεξεργασίας-δοκιμής-εντοπισμού καθιστά αυτή την απλή προσέγγιση πολύ αποτελεσματική.



Σχήμα 8: Το λογότυπο της γλώσσας προγραμματισμού Python

3.3 Βιβλιοθήκες της Python

Οι βιβλιοθήκες της Python που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθες. Οι βασικές από αυτές θα αναλυθούν στην συνέχεια.

- autopep8 v1.4.4
- Click v7.0
- Flask v1.0.2
- Flask-Login v0.4.1
- Flask-SQLAlchemy v2.4.0
- itsdangerous v1.1.0
- Jinja2 v2.10.1
- MarkupSafe v1.1.1
- names v0.3.0
- numpy v1.16.3
- opencv-python v4.1.0.25
- psutil v5.6.3
- pycodestyle v2.5.0
- SQLAlchemy v1.3.6
- Werkzeug v0.15.2

3.3.1 Η βιβλιοθήκη OpenCV

Η Open source Computer Vision Library (OpenCV) είναι μια βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα με στόχο να υποστηρίξει εφαρμογές οι οποίες ασχολούνται με θέματα όρασης των υπολογιστών (computer vision) καθώς και μηχανικής μάθησης (machine learning) [31]. Στις μέρες λόγω των υψηλών απαιτήσεων που καθορίζουν οι εφαρμογές των ηλεκτρονικών συστημάτων στην ανθρώπινη ζωή η βιβλιοθήκη χρησιμοποιείται κυρίως σε αυτές τις εφαρμογές πραγματικού χρόνου [31]. Μερικά παραδείγματα αυτών των εφαρμογών είναι τα ακόλουθα: αναγνώριση χαρακτηριστικών του προσώπου και ταυτοποίηση του ατόμου, παρακολούθηση αθλητικών διοργανώσεων για παράδειγμα ανάλυση πορείας της μπάλας και εξαγωγής στρατηγικής στο ποδόσφαιρο και τέλος ένα από τα πλέον αναπτυσσόμενα και δημοφιλή θέματα της εποχής τα αυτόνομα αυτοκίνητα.

Αξίζει να ειπωθεί πως για την υποστήριξη όλων αυτών των εφαρμογών η OpenCV περιέχει μια μεγάλη συλλογή αλγορίθμων. Συγκεκριμένα πάνω από δυόμιση χιλιάδες (2.500) και μάλιστα αποδοτικά βελτιωμένους και αυτό επειδή η ίδια η βιβλιοθήκη έχει δημιουργηθεί στην γλώσσα προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου C/C++ [31]. Επιπλέον, υποστηρίζει διεπαφές και σε άλλες δημοφιλείς γλώσσες προγραμματισμού. Δηλαδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη Python, Java και MATLAB και η υποστήριξη και λειτουργικότητα εντάσσεται πλέον σε όλα τα δημοφιλή λειτουργικά συστήματα όπως Windows, Linux, Android και Mac OS [31]. Τέλος, αξίζει να ειπωθεί πως η OpenCV διευκολύνει τις επιχειρήσεις που το χρησιμοποιούν καθώς η βιβλιοθήκη είναι ένα προϊόν με άδεια χρήσης τύπου BSD [5]. Αυτό σημαίνει πως μπορούν να προσαρμόσουν και να τροποποιήσουν τον πηγαίο κώδικά της με ελάχιστους περιορισμούς [31].



Σχήμα 9: Το λογότυπο της βιβλιοθήκης OpenCV

3.3.2 Python Flask Microframework

Το Flask είναι μία βιβλιοθήκη της Python η οποία συμβάλλει στην κατασκευή εφαρμογών στο διαδίκτυο. Η λέξη “micro” στην δήλωσή “Microframework” της βιβλιοθήκης δεν χαρακτηρίζει την έλλειψη λειτουργιών της αλλά την απλότητα και ευχρηστία της. Σκοπός της είναι να κρατήσει τον βασικό πυρήνα της πυρήνα της απλό και επεκτάσιμο. Σημειώνεται πως βασίζεται στα εργαλεία “Werkzeug” και “Jinja2” και διατίθεται με την άδεια BSD [5].

Τα χαρακτηριστικά που υποστηρίζει είναι τα παρακάτω:

- Ενσωματωμένο διακομιστή ανάπτυξης και εργαλείο για σενάριο δοκιμών (debugger) που χρησιμοποιείται κατά την ανάπτυξης εφαρμογής.
- εξυπηρέτηση αιτημάτων τύπου RESTful, πλήρη συμβατότητα με τον WSGI (Web Server Gateway Interface) έκδοσης 1.0.
- Jinja2 templating.
- Unicode-based.
- Συνεδρίες (sessions).
- Δυνατότητα εισαγωγής προσθέτων όπως “Flask-Login”, “Flask-SQLAlchemy” καθώς και άλλα.



Σχήμα 10: Το λογότυπο της βιβλιοθήκης Flask

3.3.3 Επεκτάσεις του Python Flask Microframework

Το Python Flask Microframework είναι μια αρκετά επεκτάσιμη βιβλιοθήκη και παρέχει μια πληθώρα επεκτάσεων με σκοπό την επέκταση των δυνατοτήτων και λειτουργιών της Flask εφαρμογής από τον προγραμματιστή. Όλες οι επίσημες επεκτάσεις του Flask ξεκινούν με τη λέξη “Flask” μπροστά από το όνομά τους διαχωριζόμενο με μια παύλα. Σε αυτή την περίπτωση οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν είναι το Flask-Login και το Flask-SQLAlchemy.

Το Flask-Login προορίζεται για την διαχείριση της σύνδεσης των χρηστών σε μια εφαρμογή που τρέχει Flask. Οι δυνατότητες που παρέχει είναι οι εξής: διαχείριση σύνδεση/αποσύνδεση των χρηστών με τη χρήση μοναδικών αναγνωριστικών για τον καθένα, εξασφάλιση περισσότερων λειτουργιών για τους χρήστες που είναι συνδεδεμένοι και μείωση αυτών που δεν είναι και προστασία της σύνδεσης του χρήστη από πιθανές κλοπές αρχείων τύπου cookie. Παρόλα αυτά, από την άλλη πλευρά δεν παρέχει τις δυνατότητες για τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης θα φορτώνεται από την βάση, το πως επικυρώνονται τα ψευδώνυμα και κωδικοί στην εφαρμογή καθώς και την εγγραφή νέων και ανάκτηση παλαιών χρηστών [11].

Το Flask-SQLAlchemy προορίζεται για να συνδέσει και να δώσει τη δυνατότητα να χρησιμοποιείται το SQLAlchemy στο Flask. Επιπλέον, περιέχει επιπλέον λειτουργίες έτσι ώστε να διευκολύνει τον προγραμματιστή για απλές λειτουργίες [12].

3.3.4 SQLAlchemy

Το SQLAlchemy είναι μια βιβλιοθήκη της Python η οποία δίνει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να χειρίζονται με τις εφαρμογές του βάσεις δεδομένων της SQL. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτελέσει ερωτήματα με τον παραδοσιακό τρόπο στη γλώσσα SQL, διαφορετικά υποστηρίζει και λειτουργίες τύπου Object Relational Mapper (ORM). Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνονται οι προγραμματιστές στην εκτέλεση ερωτημάτων στις βάσεις δεδομένων τους καθώς θυμίζει συγγραφή κώδικα σε γλώσσες προγραμματισμού με αντικειμενοστρεφή χαρακτήρα [27].

Η φιλοσοφία του SQLAlchemy είναι να συνδυάσει διαφορετικού είδους βάσεων δεδομένων σε μια διεπαφή, δηλαδή σε μια βάση. Αυτό που προσπαθεί να επιτύχει είναι να παίρνει τα θετικά από κάθε μια από αυτές, να τις χειρίζεται στο παρασκήνιο και να χρησιμοποιείται εύκολα από τον χρήστη χωρίς να χρειάζονται μεγάλες απαιτήσεις πέρα από τις γνώσεις SQL. Ο στόχος της, όπως αναφέρεται επίσημα στην ιστοσελίδα της, είναι να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο ο κόσμος σκέφτεται και χρησιμοποιεί τις βάσεις δεδομένων και SQL.

Δημοφιλείς εταιρίες που χρησιμοποιούν το SQLAlchemy [27].

- Yelp!
- reddit
- DropBox
- The OpenStack Project
- Survey Monkey



Σχήμα 11: Το λογότυπο της βιβλιοθήκης SQLAlchemy

3.4 Η γλώσσα σήμανσης HTML

Η γλώσσα Hyper Text Markup Language (HTML) ξεκίνησε το 1990 από τον Tim Berners-Lee είναι η βασική και θεμελιώδης γλώσσα σήμανσης για τις ιστοσελίδες που εμπεριέχονται σε αυτές στο WWW [16, p. 56,59]. Χρησιμοποιεί ένα σύνολο ετικετών (tags) στην σύνταξή της και τα χρησιμοποιεί ώστε να αναπαραστήσει πολυμεσικό περιεχόμενο καθώς και άλλα αντικείμενα σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες και γλώσσες προγραμματισμού. Πιο συγκεκριμένα κείμενο, ήχο και βίντεο με κατάλληλο συνδυασμό στοιχείων (tag) [16, p. 16,17].

3.5 Η γλώσσα υπολογιστή CSS

Η CSS (Cascading Style Sheets) είναι μια γλώσσα υπολογιστή η οποία είναι χρήσιμη να οριστεί με σαφήνεια και ευελιξία ο τρόπος με τον οποίο θα εμφανίζονται



Σχήμα 12: Το λογότυπο της γλώσσας σήμανσης HTML

τα διάφορα στοιχεία του περιεχομένου σε ιστοσελίδες [39]. Τα έγγραφα των ιστοσελίδων στα οποία εφαρμόζεται είναι σε αυτά του τύπου HTML και XHTML.

Τα βασικά πλεονεκτήματα που εμφανίζει η χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι: η ευκολία και ευελιξία κατά την μορφοποίηση σχετικά αδύνατον επιχειρημάτων, καλύτερη διαχείριση και συντήρηση των ιστοσελίδων καθώς γίνεται διαχωρισμός του κώδικα οργάνωσης (HTML) και μορφοποίησης της πληροφορίας, πιο γρήγορη ανταπόκριση των ιστοσελίδων κατά την διάρκεια της περιήγησης του χρήστη στον ιστό λόγω της αποθήκευσης στην κρυφή μνήμη των αρχείων μορφοποίησης με κατάληξη “.css” και τέλος, αποδοτικότερο Search Engine Optimization (SEO) ενός αρχείου “.html” λόγω του διαχωρισμού του περιεχομένου και της μορφοποίησης της ιστοσελίδας, όπως προαναφέρθηκε προηγουμένως [39].



Σχήμα 13: Το λογότυπο της γλώσσας σήμανσης CSS

3.6 Η γλώσσα προγραμματισμού JavaScript

Η JavaScript είναι μια γλώσσα προγραμματισμού για ηλεκτρονικούς υπολογιστές και χρησιμοποιείτε για τη δημιουργία περίπλοκου περιεχομένου και αναπαράσταση διαδραστικών αποτελεσμάτων στις ιστοσελίδες προσβάσιμες από περιηγητές ιστού [35]. Οι δυνατότητες που προσφέρει είναι κυρίως οι εξής: διαχείριση στοιχείων (tags) HTML, διαχείριση ορισμάτων στοιχείων HTML, διαχείριση μορφοποίησης CSS, διαχείριση και αλληλεπίδραση με γεγονότα HTML [34].

Είναι συχνό φαινόμενο όταν κάποιος ακούει ή και μαθαίνει αυτή τη γλώσσα να την συγχέει με την γλώσσα προγραμματισμού Java. Και οι δύο γλώσσες έχουν πανομοιότυπη ονομασία αλλά έχουν διαφορετικές ρίζες [35]. Πέρα από την ονομασία το γεγονός αυτό οφείλεται και στα κύρια χαρακτηριστικά τους καθώς και οι δύο είναι επηρεασμένες από τη γλώσσα προγραμματισμού C και είναι αντικειμενοστρεφής γλώσσες.



Σχήμα 14: Το λογότυπο της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript

3.7 Η βιβλιοθήκη jQuery

Η βιβλιοθήκη jQuery πρόκειται για μια βιβλιοθήκη της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript. Ο σκοπός της είναι να απλοποιήσει και να διευκολύνει τον προγραμματιστή ώστε να εκτελεί τις ίδιες ενέργειες με την JavaScript σε τέτοιο επίπεδο ώστε να γράφει πιο απλά και εύκολα στη σύνταξή της [6, p. 8]. Οι δυνατότητες που παρέχει είναι αυτές της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript καθώς και άλλες σύνθετες. Πιο συγκεκριμένα μερικά από αυτά είναι: η πρόσβαση στα στοιχεία του αρχείου HTML [6, p. 8], η αλλαγή της εμφάνισης αυτών με τη CSS [6, p. 8], η διαχείριση γεγονότων του χρήστη [6, p. 8] και η λήψη πληροφοριών από το πρόγραμμα του εξυπηρετητή χωρίς να ανανεώνει τη σελίδα του χρήστη [6, p. 9].



Σχήμα 15: Το λογότυπο της βιβλιοθήκης jQuery

3.8 Το εργαλείο Bootstrap

Το Bootstrap είναι μια συλλογή εργαλείων ανοιχτού κώδικα για τη δημιουργία ιστοσελίδων και διαδικτυακών εφαρμογών. Περιέχει ποικίλες έτοιμες λειτουργίες που διευκολύνουν τη χρήση της στην HTML και CSS, καθώς και προαιρετικές επεκτάσεις JavaScript [4]. Αρχικά, δημιουργήθηκε το στα μέσα 2010 από έναν προγραμματιστή που εργαζόταν στο Twitter. Πλέον, το Bootstrap εξελίσσεται από μία μικρή ομάδα στο Github και γίνεται ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία ιστοσελίδων παγκοσμίως [3].

Όπως κάθε εργαλείο έτσι και αυτό εμφανίζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Από αυτά αξίζει να αναφερθούν τα πλεονεκτήματα τα οποία μπορούν να συνοψιστούν ως εξής: σταθερότητα και υποστήριξη στη λειτουργία του σε όλους τους σύγχρονους περιηγητές ιστού, αποδοτικό και αποκριτικό σύνολο διαθέσιμων λειτουργιών, αρκετές επεκτάσεις της Javascript είναι γραμμένες σε jQuery, πολύ καλό σύστημα για τη στοίχιση στοιχείων ενός HTML εγγράφου σε μια ιστοσελίδα και τέλος το υποστηρικτικό υλικό και η κοινότητα επίλυσης τυχόν προβλημάτων

βοηθούν τον προγραμματιστή να αντεπεξέλθει πολύ εύκολα τα περισσότερα προβλήματά του [23].



Σχήμα 16: Το λογότυπο του εργαλείου Bootstrap

4 Σχεδιασμός και υλοποίηση συστήματος

Σε αυτή την ενότητα θα αναπτυχθούν τα στάδια υλοποίησης της εφαρμογής. Συγκεκριμένα, θα αναφερθούν η οργάνωση των αρχείων και το περιεχόμενο των πιο βασικών αυτών, ο τρόπος χειρισμού δεδομένων του προγράμματος, τις διαδικασίες συρραφής εικόνων, τα πρόσθετα φίλτρα για την βελτιστοποίηση αυτών και την οργάνωση της βάσης δεδομένων με την παρουσία διαγράμματος Οντότητας-Συσχέτισης.

4.1 Οργάνωση αρχείων εφαρμογής

Κατά τη δημιουργία ενός προγράμματος είναι σημαντικό να χρησιμοποιεί πέρα από σωστό και άρτια υλοποιημένο κώδικα και σωστή δομή αρχείων. Δηλαδή να είναι κατανοητός ο σκοπός τους έτσι ώστε σε περίπτωση που κάποιος άλλος προγραμματιστής τα αναγνώσει ή/και τα επεξεργαστεί να είναι σε θέση να το κάνει εύκολα. Τα αρχεία της εφαρμογής έχουν οργανωθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να ταιριάζουν, το δυνατόν περισσότερο, τον τρόπο οργάνωσης μιας εφαρμογής τύπου "Flask". Τα βασικά αρχεία της εφαρμογής είναι δύο και αυτά είναι το "website.py" για τη διαχείριση των αιτημάτων, της ιστοσελίδα και της βάση δεδομένων της εφαρμογής, και το "stitcher.py" για το χειρισμό των εικόνων στη συρραφή μεταξύ τους. Τα υπόλοιπα αρχεία είναι συμπληρωματικά και επεκτείνουν τη λειτουργικότητα των κυρίων.

Τα αρχεία δεδομένων της εφαρμογής βρίσκονται στον φάκελο "data". Το ένα είναι ο φάκελος "users" και σε αυτόν ο κάθε χρήστη κατέχει έναν δικό του υποφάκελο με το όνομα του χρήστη. Σε αυτόν ο κάθε χρήστη έχει έναν φάκελο για τις εικόνες του καθώς και την εικόνα προφίλ του. Το άλλο πρόκειται για το αρχείο "data/database.db" το οποίο περιέχει όλες τις πληροφορίες που έχει δημιουργηθεί από τους χρήστες στην εφαρμογή, όπως για παράδειγμα τα στοιχεία του χρήστη, τις εικόνες του κ.ά..

4.2 Χειρισμός εισόδου δεδομένων

Κατά την είσοδο των εικόνων στο πρόγραμμα που αναλαμβάνει τη συρραφή των εικόνων γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι για την επαλήθευση και βεβαίωση ότι τα δεδομένα εισόδου αφορούν αυτά εικόνων. Πιο συγκεκριμένα, στην ιστοσελίδα γίνονται έλεγχοι για το είδος των εικόνων και στο πρόγραμμα της συρραφής για το πλήθος των εικόνων ενώ και στις δύο περιπτώσεις γίνεται επαλήθευση ότι τα δεδομένα αφορούν εικόνες. Στη συνέχεια, οι εικόνες οι οποίες είναι αποδεκτές, για κάθε μια από αυτές δημιουργείται ένα αντικείμενο της κλάσης MyImage. Η κλάση αυτή υλοποιήθηκε για την οργάνωση και σωστή διαχείριση των πληροφοριών των εικόνων στο πρόγραμμα. Συγκεκριμένα περιέχει έξι (6) ορίσματα τα οποία είναι: το όνομα της εικόνας, τα δεδομένα της ίδιας της εικόνας, το διάνυσμα των χαρακτηριστικών σημείων και το διάνυσμα των περιγραφών για καθένα από αυτά, ένα λεξικό για την αποθήκευση των υποψήφιων εικόνων και τέλος το γκρουπ εικόνων στο οποίο ανήκει. Τα διανύσματα των χαρακτηριστικών σημείων και περιγραφών προκύπτουν από την εξαγωγή των χαρακτηριστικών. Το λεξικό της Python στο

οποίο αποθηκεύονται υποψήφιες εικόνες κρατούνται οι σχετικές εικόνες με την τρέχουσα. Τέλος, το όρισμα γκρουπ αφορά το σύνολο εικόνων στο οποίο ανήκει η προαναφερθείσα.

4.3 Συρραφή εικόνων

Το πρόγραμμα περιλαμβάνει δύο είδη συρραφής εικόνων. Η μια είναι αυτοματοποιημένη και η άλλη χειροκίνητη. Και στις δυο μεθόδους η είσοδός τους είναι ένα σύνολο από εικόνες με μέγιστο πλήθος έξι (6). Η βασική διαφορά τους είναι πως στην αυτοματοποιημένη εκδοχή το σύνολο εικόνων εισόδου είναι χωρίς διάταξη ενώ στην χειροκίνητη μέθοδο κρίνεται απαραίτητα.

Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα τα βασικά βήματα για την ένωση δύο συνεχόμενων εικόνων ξεκινούν με την εξαγωγή χαρακτηριστικών σημείων, την ταύτιση τους και η εύρεση του κατάλληλου μετασχηματισμού που θα συμβάλει για τη συρραφή τους.

4.4 Εξαγωγή χαρακτηριστικών

Η εξαγωγή των χαρακτηριστικών είναι το πρώτο βήμα της διαδικασίας. Με αυτό τον τρόπο ανιχνεύονται σημαντικά χαρακτηριστικά σημεία ενδιαφέροντος πάνω στην εικόνα και εξάγονται τοπικά διανύσματα περιγραφής αυτών. Στη παρούσα εργασία δεν έγινε χρήση του αλγορίθμου SIFT αλλά του KAZE. Αυτό συνέβη για δύο λόγους. Πρώτον, στις νέες εκδόσεις της βιβλιοθήκης OpenCV ο αλγόριθμος SIFT δεν συμπεριλαμβάνεται στην κανονική έκδοσή της αλλά σε διαφορετική. Αυτή περιέχει ότι και η κανονική με τη διαφορά πως συμπεριλαμβάνει πρόσθετες λειτουργίες οι οποίες έχουν δοθεί από συνεισφορές. Αυτές οι λειτουργίες δεν είναι σωστά δοκιμασμένες και δεν παρέχουν σωστή υποστήριξη [21]. Και δεύτερον ο αλγόριθμος KAZE αποδίδει καλύτερα στην ακρίβεια εξαγωγής των χαρακτηριστικών, με μικρή επιβάρυνση στην αύξηση του υπολογιστικού κόστους [22].

Για τη χρήση του KAZE χρειάστηκε η δημιουργία ενός αντικείμενο της κλάσης "cv2.KAZE_create" και στη συνέχεια η κλήση της συνάρτησης "detectAndCompute" για κάθε εικόνα εισόδου με τη χρήση αυτού. Το αποτέλεσμα της παραπάνω ενέργειας επιστρέφει τα δύο επιθυμητά διανύσματα, δηλαδή το διάνυσμα των σημείων ενδιαφέροντος και αυτό των περιγραφών αυτών.

4.5 Εύρεση ταυτίσεων

Για την εύρεση των ταυτίσεων χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη FLANN (Fast Library for Approximate Nearest Neighbors) η οποία περιέχεται σε αυτή της OpenCV. Πρόκειται για μια συλλογή υψηλά αποδοτικών αλγορίθμων οι οποίοι λύνουν αρκετά γρήγορα το πρόβλημα αναζήτησης του πλησιέστερου γείτονα πάνω σε μεγάλα σύνολα δεδομένων και με υψηλές διαστάσεις. Για τη χρήση του αρκεί να δημιουργήσουμε ένα αντικείμενο της κλάσης "cv2.FlannBasedMatcher" και αυτό θα καλέσει τη συνάρτηση "knnMatch" με τις κατάλληλες παραμέτρους η οποία θα εκτελέσει τη διαδικασία. Στη περίπτωση του προγράμματος ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο k-Nearest Neighbor (KNN) με τη χρήση των k-d δέντρων (k-d trees).

Το τελικό αποτέλεσμα το οποίο θα προκύψει κατά την επιτυχή του ενέργεια είναι ένα διάνυσμα με τους δείκτες των σημείων μεταξύ των δύο εικόνων που ταίριαξαν μεταξύ τους.

4.6 Εύρεση ομογραφίας

Για την εύρεση της ομογραφίας χρειάζονται τρία στοιχεία. Πρώτον τα διανύσματα των σημείων ενδιαφέροντος από τις δύο εικόνες και το διάνυσμα που προέκυψε από το προηγούμενο βήμα με τα σημεία τα οποία ταίριαξαν μεταξύ τους. Όμως τα παραπάνω δεν θα χρησιμοποιηθούν αυτούσια στη διαδικασία. Το διάνυσμα των σημείων όπου ταίριαξαν το χρειαζόμαστε για να έχουμε την πληροφορία των ποιών σημείων ήταν και με αυτή να ανακτήσουμε όλες τις πληροφορίες των σημείων από τις αρχικές τους λίστες, δηλαδή από αυτές που προέκυψαν από το βήμα εξαγωγής χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα σε αυτό το στάδιο μας ενδιαφέρει η πληροφορία της θέσης των σημείων έτσι ώστε με τη χρήση του αλγορίθμου RANSAC να βρεθεί ο κατάλληλος μετασχηματισμός ο οποίος όταν χρησιμοποιηθεί θα αντιστοιχίσει τα σημεία των δύο εικόνων και συνεπώς τι εικόνες μεταξύ τους.

Για τον υπολογισμό της ομογραφίας χρησιμοποιείται η συνάρτηση της OpenCV "cv2.findHomography" με είσοδο τις συντεταγμένες των κοινών σημείων των δύο εικόνων και τον προσδιορισμό του αλγορίθμου (μεθόδου), στη συγκεκριμένη περίπτωση ο αλγόριθμος RANSAC, για τον υπολογισμό του πίνακα μετασχηματισμού M .

4.7 Ένωση εικόνων βάση κοινών σημείων

Για την ένωση δύο συνεχόμενων εικόνων είναι απαραίτητη η χρήση του μετασχηματισμού που βρέθηκε προηγουμένως. Αυτό θα συμβάλει στην αναζήτηση του ποσού μετακίνησης της μιας εικόνας ως προς την άλλη εικόνα, στη σύνδεση τους καθώς και στον υπολογισμό μεγέθους του νέου καμβά για την τελική.



(α') Εικόνα 1



(β') Εικόνα 2

Σχήμα 17: Εικόνες εισόδου για το ακόλουθο παράδειγμα

Η διαδικασία έχει ως εξής:

1. Εύρεση συντεταγμένων όλων των σημείων για την κάθε μια εικόνα, "points1" και "points2"
2. Εφαρμογή σε μια από τις δύο εικόνες ("image1") του μετασχηματισμού προβολής M στα σημεία κορυφών της εικόνας που επιλέχθηκε ("points1") και αποθήκευση νέων συντεταγμένων σε ένα νέο πίνακα ("newpoints1").
3. Ένωση των πινάκων ("newpoints1") και ("points2") σε έναν νέο ("allpoints").
4. Εύρεση ελαχίστων και μεγίστων συντεταγμένων από τον νέο πίνακα, (ax,ay) και (bx,by) αντίστοιχα. Τα παραπάνω σημεία είναι χρήσιμα καθώς προδίδουν την μετακίνηση της πρώτης εικόνας ως προς τη δεύτερη καθώς και το μέγεθος του τελικού καμβά για να φιλοξενήσει και τις δυο εικόνες.
5. Υπολογισμός μετασχηματισμού μεταφοράς T για την εικόνα ("image1") με τις νέες συντεταγμένες κορυφών ("newpoints1") με τις μεταβλητές εισόδου για την μετακίνηση να είναι οι ελάχιστες που βρέθηκαν από το βήμα τέσσερα (4) (ax,ay).

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & tx \\ 0 & 1 & ty \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -ax \\ 0 & 1 & -ay \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

6. Εφαρμογή σύνθετου μετασχηματισμού (ομογραφίας και μεταφοράς)

$$H = T \times M \quad (3)$$

στην εικόνα ("image1") με τις νέες συντεταγμένες κορυφών ("newpoints1") και αποθήκευση νέας εικόνας ("finalimage1").



Σχήμα 18: Σχεδόν τελική εικόνα

7. Τέλος, γίνεται η αντιγραφή της άλλης ("image2") στην νέα ("finalimage1") εικόνα και προκύπτει η τελική ("finalimage2").



Σχήμα 19: Τελική εικόνα

4.8 Αυτόματη μέθοδος

Η αυτοματοποιημένη μέθοδος είναι η διαδικασία με την οποία η συρραφή των εικόνων επιτυγχάνεται χωρίς την παρέμβαση του χρήστη. Αυτή η μέθοδος έγινε βάση της εργασίας του M. Brown and D. G. Lowe (2003) [18]. Η παρούσα υλοποίηση δεν υιοθετεί όλα τα βήματα της εργασίας τους αλλά προσεγγίζει τη μέθοδο επίλυσής τους.

Αρχικά, γίνεται η εξαγωγή των χαρακτηριστικών με την κατάλληλη συνάρτηση. Η συνάρτηση χειρίζεται αντικείμενα της κλάσης "MyImage" και αποθηκεύει κατάλληλα τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια υπολογίζεται ο αριθμός των υποψήφιας εικόνων που θα έχει κάθε εικόνα βάση του αριθμού των εικόνων (n) εισόδου. Κάθε φορά επιλέγεται το εξήντα έξι κόμμα εξήντα έξι τα εκατό (66,66%) αυτών έτσι ώστε να εξαλειφθούν τυχόν ανεπιθύμητες εικόνες και να βελτιστοποιηθεί η διαδικασία επιλογής της καλύτερης στα επόμενα βήματα, δηλαδή να μειωθεί ο όγκος των δεδομένων άρα και ο υπολογιστικός χρόνος. Στη συνέχεια, η κάθε εικόνα συγκρίνεται με τις υπόλοιπες τις για να βρεθούν οι ομοιότητες των χαρακτηριστικών μεταξύ τους και κρατούν μια λίστα με την οποία περιέχουν υποψήφιες κοινές εικόνες με αυτές καθώς και τα σημεία ενδιαφέροντος όπου μοιάζουν. Η λίστα κάθε εικόνας είναι ταξινομημένη κατά φθίνουσα σειρά βάση του πλήθους που προέκυψαν από τη προηγούμενη διαδικασία. Για κάθε εικόνα αφού βρεθούν οι ομοιότητες μεταξύ των υπόλοιπων, εικόνων, τότε γίνεται έλεγχος στη περίπτωση που σε κάποια εικόνα δε βρέθηκε καμία που να ταιριάζει μαζί της. Οι εικόνες που δεν έχουν κάποια υποψήφια θεωρούνται περιττές, ανεπιθύμητες και πιθανόν με θόρυβο, δηλαδή με ανεπιθύμητη πληροφορία, και αφαιρούνται από τις διαδικασίες που ακολουθούν.

Έως τώρα οι εικόνες εισόδου έχουν εξάγει τα χαρακτηριστικά τους και τους περιγραφές αυτών, έχουν μια λίστα με τις παρόμοιες εικόνες, τα σημεία που ταίριαξαν με αυτή και έχουν εξαλειφθεί εικόνες με μη ικανοποιητικό αριθμό ομοιοτήτων και πλήθος υποψήφιας εικόνων. Σε αυτό το σημείο το πρόγραμμα αν συνεχίσει άμεσα προς τη διαδικασία της συρραφής τότε ίσως δημιουργηθεί πρόβλημα καθώς οι εικόνες εισόδου μπορεί να είναι ποικίλες και με διαφορετικές σκηνές ομάδες αυ-

τών. Αυτό σημαίνει πως αν το πρόγραμμα τις διαχειριστεί όλες μαζί τότε είναι πολύ πιθανό να μη προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Για αυτό δημιουργήθηκε ένα επιπλέον βήμα στο οποίο οι εικόνες ομαδοποιούνται μεταξύ τους, ώστε να λυθεί το παραπάνω πρόβλημα. Η ομαδοποίηση επιτυγχάνεται με τον έλεγχο κάθε εικόνας στο πιο γκρουπ εικόνων αναφέρεται και τη σύγκρισή του γκρουπ για κάθε μια από τις υποψήφιες εικόνες της. Συνοπτικά, ανατίθεται σε κάθε εικόνα ένας αριθμός όπου την ομαδοποιεί με τις παρόμοιες και τη διαχωρίζει με τις μη. Τελικά, προκύπτουν λίστες ίσες με τον αριθμό των γκρουπ που προέκυψαν από την προηγούμενη διαδικασία και αυτές περιέχουν σύνολα εικόνων που ταιριάζουν μεταξύ τους.

Σε αυτό το στάδιο οι εικόνες είναι έτοιμες να περάσουν στο επόμενο το οποίο είναι η συρραφή τους. Για κάθε ένα από τα γκρουπ αρχίζει η παραπάνω διαδικασία για το ένα μετά το άλλο. Αρχικά, γίνεται έλεγχος για τον επαρκή αριθμό εικόνων στην είσοδο των δεδομένων στην κατάλληλη συνάρτηση. Αν είναι επαρκής ο αριθμός ο οποίος πρέπει να είναι τουλάχιστον δύο εικόνες στη λίστα συνεχίζεται ο αλγόριθμος, διαφορετικά περιμένει το επόμενο γκρουπ. Στη περίπτωση που συνεχίσει, τότε για κάθε εικόνα της λίστας ανακτάται η υποψήφια της και γίνεται προσπάθεια εύρεσης ομογραφίας μεταξύ τους. Αν αποτύχει τότε δοκιμάζονται οι υπόλοιπες υποψήφιες εικόνες. Όταν βρεθεί ο πίνακας μετασχηματισμού από τη διαδικασία εύρεσης της ομογραφίας τότε αρχίζει η σύνδεση των δύο εικόνων (αρχική και υποψήφια). Όταν προκύψει η νέα αφαιρούνται οι εικόνες από τη λίστα με τις υπόλοιπες προς συρραφή και προστίθεται η νέα σε αυτή και επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία για τις υπόλοιπες έως ότου απομείνει μια εικόνα η οποία θα είναι και η τελική. Πριν επιστραφεί το αποτέλεσμα εκτελείται και το φίλτρο για την αυτόματη αποκοπή μαύρων περιθωρίων εικόνας τα οποία προέκυψαν κατά τους μετασχηματισμούς στη σύνδεση των εικόνων. Τελικά, επιστρέφεται μια πλειάδα (tuple) με την τελική και τα ονόματα των εικόνων που τη δημιούργησαν.

Αυτό συμβαίνει για κάθε μια από τις ομάδες εικόνων προς συρραφή και τελικά και εκεί επιστρέφεται μια πλειάδα με τα αποτελέσματα.

Παρακάτω μπορεί να συνοψιστεί συνοπτικά με αλγοριθμικό τρόπο τα προαναφερθέντα.

- Εξαγωγή χαρακτηριστικών για κάθε εικόνα.
- Υπολογισμός επιθυμητού πλήθους υποψήφιων εικόνων βάση πλήθους εικόνων εισόδου
- Εύρεση υποψήφιων εικόνων, σύγκριση κάθε εικόνας ως προς την άλλη και αποθήκευση τόσων όσο και το τον προηγούμενο αριθμό με τα περισσότερα κοινά χαρακτηριστικά.
- Αφαίρεση εικόνων που δεν έχουν ταιριάζει με καμία άλλη ή δεν πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για να συνεχίσουν από την προηγούμενη διαδικασία.
- Ανάθεση αριθμό γκρουπ για κάθε εικόνα βάση των υποψήφιων τους και δημιουργία νέας λίστας με υπολίστες που περιέχουν εικόνες που ταιριάζουν περισσότερο μεταξύ τους.

- Έναρξη διαδικασίας ομαδικής συρραφής εικόνων και για κάθε μια αυτών συμβαίνουν τα εξής:
 - Για κάθε εικόνα στη λίστα της τρέχουσας ομάδας
 - * Ανάκτηση της πρώτης εικόνας από τη λίστα των υποψήφιων.
 - * Υπολογισμός ομογραφίας βάση των κοινών σημείων. Αν αποτύχει τότε γίνεται δοκιμάζεται η δεύτερη υποψήφια εικόνα, δηλαδή γίνεται επαναφορά στο προηγούμενο βήμα.
 - * Προσπάθεια ένωσης των δύο εικόνων.
 - * Εξαγωγή χαρακτηριστικών για τη νέα εικόνα και εύρεση κοινών σημείων με αυτές που έχουν απομείνει
 - * Αφαίρεση των εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν στη συρραφή και προσθήκη της νέας σε αυτή.
 - Όταν απομείνει μια εικόνα επιστρέφεται στο πρόγραμμα.
- Όταν ολοκληρωθούν οι παραπάνω διαδικασίες επιστρέφεται μια λίστα με εικόνες των αποτελεσμάτων συρραφής για κάθε ομάδα.

4.9 Χειροκίνητη μέθοδος

Μερικές φορές είναι δυνατό τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την αυτοματοποιημένη διαδικασία να μην είναι τα επιθυμητά. Και αυτό γιατί μπορεί να προκύψουν προβλήματα στην εξαγωγή των χαρακτηριστικών και όχι μόνο, τα οποία προαναφέρθηκαν στην ενότητα του θεωρητικού υποβάθρου στις προκλήσεις κατά τη συρραφή εικόνων, ή ο χρήστης να μην είναι ικανοποιημένος με το τελικό αποτέλεσμα. Για αυτό δημιουργήθηκε η ανάγκη μια άλλης μεθόδου για το δυνατόν καλύτερη ικανοποίηση και λύση του παραπάνω θέματος.

Η δεύτερη μέθοδος την οποία αποκαλώ χειροκίνητη, αφορά τη συρραφή εικόνων με τη παρέμβασή του χρήστη. Συγκεκριμένα ο χρήστης μέσω της κατάλληλης διεπαφής της εφαρμογής έχει τη δυνατότητα να ορίσει ο ίδιος τη σειρά με την οποία θα διατάξει τις εικόνες του. Αυτή η μέθοδος είναι απλή και δε βασίζεται πουθενά αλλά χρησιμοποιεί χρησιμοποιεί τις βασικές μεθόδους για τη συρραφή των εικόνων.

Αρχικά, εξάγονται τα χαρακτηριστικά σημεία των από όλες τις εικόνες. Στη συνέχεια, σειριακά, βάση αυτής που έθεσε ο χρήστη, από αριστερά προς τα δεξιά γίνεται προσπάθεια ταιριάσματα των εικόνων ανά δύο. Στη συνέχεια, αφού γίνει το προηγούμενο στάδιο γίνεται προσπάθεια εύρεσης της ομογραφίας. Σε περίπτωση που δε βρεθεί κατάλληλος μετασχηματισμός μεταξύ των κοινών σημείων ενδιαφέροντος τότε αφαιρείται μια από τις δύο εικόνες. Αυτό συμβαίνει ώστε να μην επηρεαστεί η σειρά των υπόλοιπων εικόνων και να μην αλλάξει η προτίμηση του χρήστη. Το αρνητικό σε αυτή τη μέθοδο είναι πως δεν εγγυάται πάντα θετικά αποτελέσματα λόγω της ελεύθερης δομής λειτουργίας της καθώς και στο γεγονός ότι ο χρήστης παρεμβαίνει στη διαδικασία.

Παρακάτω μπορεί να συνοψιστεί συνοπτικά με αλγοριθμικό τρόπο τα προαναφερθέντα.

- Εξαγωγή χαρακτηριστικών σημείων από τις εικόνες.
- Για κάθε εικόνα συμβαίνουν τα εξής:
 - Ανάκτηση της δεξιάς της.
 - Εύρεση των ομοιοτήτων τους.
 - Προσπάθεια εύρεσης ομογραφίας μεταξύ τους.
 - Σε περίπτωση αποτυχίας αφαιρείται εικόνα με τα περισσότερα χαρακτηριστικά από τη διαδικασία και γίνεται συνέχεια της διαδικασίας με προσπάθεια για την επόμενη εικόνα.
 - Διαφορετικά οι εικόνες ενώνονται και αυτές που χρησιμοποιήθηκαν αφαιρούνται από τη διαδικασία.
 - Όταν απομείνει μια εικόνα γίνεται τερματισμός της διαδικασίας.
- Επιστροφή παραγόμενης εικόνας στο πρόγραμμα.

4.10 Αυτόματη περικοπή περιθωρίων εικόνας

Κατά την ένωση των δύο εικόνων σε μία, λόγω των μετασχηματισμών που διαμεσολαβούν προκύπτουν μαύρα τμήματα, δηλαδή νεκρά εικονοστοιχεία. Συγκεκριμένα αυτό συμβαίνει στα περιθώρια της εικόνας. Αυτά θεωρούνται ανεπιθύμητα καθώς δεν είναι χρήσιμα κατά την εξαγωγή χαρακτηριστικών και στην τελική παρουσίαση της εικόνας. Για αυτό το σκοπό αναπτύχθηκε αλγόριθμος για την αυτόματη περικοπή της εικόνας και τη αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων με το δυνατό ελάχιστη απώλεια πληροφορίας της αρχικής εικόνας.



(α') Εικόνα εισόδου



(β') Τελική εικόνα

Σχήμα 20: Παράδειγμα αποκοπής εικόνας

Σκοπός του αλγόριθμου είναι η εύρεση δύο σημείων για τον προσδιορισμό του ορθογωνίου πλαισίου το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως παράθυρο αποκοπής της εικόνας. Τα σημεία αυτά είναι διαγώνια και βρίσκονται αρκετά γρήγορα. Συνοπτικά, αυτό συμβαίνει στο γεγονός ότι η αναζήτηση τους γίνεται με εκθετικά βήματα πάνω στα κελιά της εικόνας και ο έλεγχος τους επιτυγχάνεται βάση μιας απλής συνθήκης αξιολόγησης ανάλογα με τον τρόπο σάρωσης της εικόνας, κάθετα ή οριζόντια. Στην αξιολόγηση γίνεται σύγκριση του πλήθους των μαύρων εικονοστοιχείων από το προηγούμενο εκθετικό βήμα αναζήτησης και λαμβάνεται απόφαση για την συνέχεια της διαδικασίας.

Η λειτουργία του μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα βήματα:



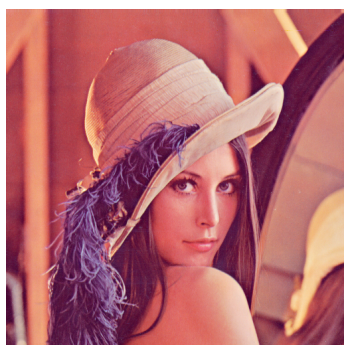
Σχήμα 21: Εκτίμηση παραθύρου αποκοπής

1. Εκτίμηση επιθυμητού μέγιστου ορίου πλήθους μαύρων εικονοστοιχείων για την οριζόντια και κάθετη αναζήτηση.
2. Εκθετική αναζήτηση συντεταγμένων οριζόντια της εικόνας αναδρομικά για καθένα από τα παρακάτω.
 - (α') Εύρεση της συντεταγμένης x του σημείου επάνω αριστερά (a).
 - (β') Εύρεση της συντεταγμένης x του σημείου κάτω δεξιά (b) διαγώνιο με το (a) με τη βοήθεια της προηγούμενης συντεταγμένης.
3. Εκθετική αναζήτηση συντεταγμένων κάθετα της εικόνας αναδρομικά για καθένα από τα παρακάτω.
 - (α') Εύρεση της συντεταγμένης y του σημείου (a) με τη βοήθεια των προηγούμενων δύο συντεταγμένων.
 - (β') Εύρεση της συντεταγμένης y του σημείου (b) με τη βοήθεια όλων των προηγούμενων συντεταγμένων.
4. Αν βρέθηκαν τα ζητούμενα σημεία τότε γίνεται έλεγχος πλήθους μαύρων εικονοστοιχείων και γίνεται η σύγκριση του βάσει ενός ποσοστού αποδεκτού πλήθους. Διαφορετικά γίνεται επανάληψη της διαδικασίας από το βήμα 1 με μεγαλύτερη ακρίβεια, δηλαδή με μικρότερο όριο πλήθους μαύρων εικονοστοιχείων.
5. Επιστροφή νέας εικόνας όπου έγινε επιτυχής περικοπή, διαφορετικά επιστρέφεται η αρχική εικόνα εισόδου.

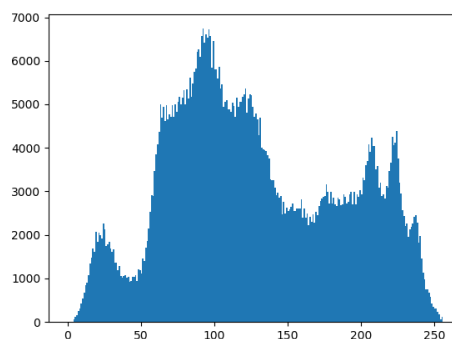
4.11 Εξισορρόπηση ιστογράμματος

Το ιστόγραμμα μιας εικόνας είναι αρκετά σημαντικό καθώς περιέχονται πληροφορίες για την κατανομή των εντάσεων φωτεινότητας σε αυτή [40, p. 6.51]. Η εξισορρόπηση ιστογράμματος είναι μια διαδικασία η οποία εφαρμόζεται ως φίλτρο πάνω σε μια εικόνα με σκοπό την διόρθωση της αντίθεσής της και τελικά τη βελτιστοποίηση της. Αυτό επιτυγχάνεται με την επεξεργασία και τροποποίηση του ιστογράμματος που προκύπτει από τη συχνότητα των εντάσεων φωτεινότητας των

δεδομένων της. Συνοπτικά, τεχνικά λαμβάνει χώρα με μια συνάρτηση μετασχηματισμού της φωτεινότητας των εικονοστοιχείων που εφαρμόζεται στα δεδομένα της αρχικής εικόνας [40, p. 6.51]. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κατά κόρον στις περιπτώσεις όπου οι παραπάνω συχνότητες δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένες και για αυτό το λόγο εμφανίζονται απότομες καμπύλες στο ιστόγραμμα τους. Στα ακόλουθα σχήματα διακρίνεται ένα παράδειγμα εικόνας που χρειάζεται αυτή τη τεχνική για βελτιστοποίηση.



(α') Εικόνα 1



(β') Ιστόγραμμα εικόνας 1

Σχήμα 22: Εικόνα εισόδου χωρίς εξισορρόπηση ιστογράμματος

Στην παραπάνω εικόνα εισόδου παρατηρείτε θολότητα στα χρώματα της καθώς και μικρή αντίθεση σε αυτά. Από την πλευρά του ιστογράμματος διακρίνονται καμπύλες με απότομες αλλαγές ιδιαίτερα, στο συγκεκριμένο παράδειγμα, στην περιοχή με ένταση φωτεινότητας πενήντα (50). Αυτό πιθανόν να προέκυψε λόγω τεχνικού προβλήματος της κάμερας, το πιο συνηθισμένο φαινόμενο, ή τυχόν κακών συνθηκών κατά τη σύλληψη της εικόνας. Πιο συγκεκριμένα η φωτεινότητα, υγρασία και ο φακός της κάμερας.

Μετά την εφαρμογή του φίλτρου η εικόνα φαίνεται να έχει βελτιωθεί αισθητά καθώς πλέον υπάρχει μεγαλύτερη αντίθεση στα χρώματά της. Το ιστόγραμμα έχει αλλάξει και είναι πιο ομοιόμορφο χωρίς απότομες καμπύλες μεταξύ των συχνοτήτων του.

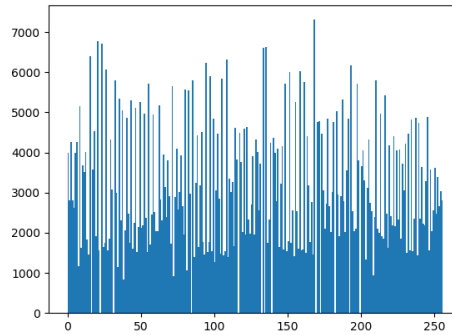
Αξίζει να ειπωθεί πως το συγκεκριμένο φίλτρο δεν χρησιμοποιήθηκε αυτούσιο από την βιβλιοθήκη OpenCV, αλλά υλοποιήθηκε βάση ενός συγγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού Python. Η διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίησή του βρίσκεται στο βιβλίο "Ψηφιακή Επεξεργασία Ανάλυση Εικόνας" του Νικόλαου Η. Παπαμάρκου [40, p. 6.53].

4.12 Πίνακες βάσης δεδομένων

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε είναι σχεσιακή και αποτελείται από τέσσερις πίνακες. Αυτοί είναι οι εξής: "User", "Image", "Stitched_image", "Source_images".



(α') Εικόνα 2



(β') Ιστογράμμο εικόνας 2

Σχήμα 23: Αποτελέσματα μετά την εξισορρόπηση ιστογράμματος

Στο σύστημα αρχείων κώδικα της εργασίας βρίσκεται στη διαδρομή "data/database.db". Στη συνέχεια παρατίθεται επεξήγηση για καθένα από αυτούς.

4.12.1 Πίνακας "User"

Αρχικά, ο πίνακας "User", όπως προδίδει και το όνομά του είναι αυτός που αποθηκεύει βασικές πληροφορίες του χρήστη. Περιέχει οκτώ (8) ορίσματα και συγκεκριμένα τα εξής:

- id: αύξοντα αριθμός που χρησιμεύει ως κύριο κλειδί μεταξύ των χρηστών,
- username: όνομα χρήστη στην εφαρμογή,
- name: όνομα του χρήστη,
- surname: επώνυμο χρήστη,
- email: email χρήστη,
- path: διαδρομή αρχείων χρήστη στο σύστημα αρχείων του εξυπηρετητή,
- image: διαδρομή εικόνας προφίλ χρήστη στο σύστημα αρχείων του εξυπηρετητή,
- date: ημερομηνία εγγραφής χρήστη στη βάση δεδομένων.

4.12.2 Πίνακας "Image"

Έπειτα, ο πιο βασικός πίνακας είναι ο "Image". Αυτός ο πίνακας συνδέεται με τον πίνακα "User" με τη σχέση "has". Σε αυτόν ορίζονται πέντε (5) ορίσματα εκ των οποίων το ένα από αυτά χρησιμοποιείται ως μοναδικό αναγνωριστικό (id). Σε αυτή την περίπτωση το αναγνωριστικό ονόματι "id" δεν είναι ένας αύξοντα αριθμός που

χρησιμοποιείται μόνο σαν μετρητής για κάθε νέο στοιχείο του πίνακα στη βάση δεδομένων αλλά το hash του ίδιου του αρχείου, στην περίπτωση αυτή της εικόνας. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε όχι μόνο να διαχωρίσουμε τις πληροφορίες των εικόνων στη βάση αλλά και να αποφύγουμε τις διπλότυπες εμφανίσεις τους. Πιο αναλυτικά ο πίνακας "Image" περιέχει τα ακόλουθα:

- id: μοναδικό αναγνωριστικό, hash του αρχείου εικόνας,
- name: όνομα εικόνας,
- format: κατάληξη αρχείου εικόνας,
- user_id: ξένο κλειδί από τον πίνακα "User",
- date: ημερομηνία εγγραφής εικόνας στη βάση δεδομένων.

4.12.3 Πίνακας "Stitched_images"

Στον πίνακα "Image" περιέχονται όλες οι εικόνες και αυτές έχουν προκύψει από άλλες. Για να γίνει ο διαχωρισμός τους δημιουργήθηκε ένας νέος πίνακας με όνομα "Stitched_images" ο οποίος περιέχει μόνο τις εικόνες που προέκυψαν από συρραφή και συνδέεται με τον πίνακα "Image" με τη σχέση "has". Τα γνωρίσματα που περιέχει είναι:

- id: κύριο κλειδί κατά αύξοντα αριθμό,
- image_id: ξένο κλειδί από τον πίνακα "Image"
- user_id: ξένο κλειδί από τον πίνακα "User"

4.13 Τεχνολογίες υλοποίησης της διαδικτυακής εφαρμογής

Η ιστοσελίδα αποτελείται από ένα σύνολο αρχείων που υλοποιούν τις λειτουργίες της καθώς και αυτές που τις προβάλλουν. Για τις λειτουργίες τις ιστοσελίδας στη διαδικτυακή εφαρμογή καθώς και της σύνδεσής της με τη βάση δεδομένων βρίσκονται στο αρχείο "website.py". Αρχικά, σε αυτό δημιουργούνται οι πίνακες, οι σχέσεις τους και τα ερωτήματα της βάσεις δεδομένων όπως για παράδειγμα ερωτήματα εισαγωγής και ανάκτησης δεδομένων. Όσον αφορά τη διαχείριση της ιστοσελίδας έχουν δημιουργηθεί οι κατάλληλες συναρτήσεις έτσι ώστε να δια-μοιράζουν το κατάλληλο περιεχόμενο, να δέχονται και να επιστρέφουν τα σωστά αποτελέσματα στα αιτήματα του χρήστη.

Από την άλλη πλευρά, οι ιστοσελίδες που έχουν δημιουργηθεί έγιναν με τη χρήση των γλωσσών HTML και CSS καθώς και με τη βιβλιοθήκη Bootstrap για τη βελτίωση στην εμφάνιση και ανάπτυξη των λειτουργιών τους. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν και τα πρότυπα Jinja, που υποστηρίζει η βιβλιοθήκη Flask, για τη διαχείριση των πληροφοριών από το πρόγραμμα του εξυπηρετητή στη σελίδα του χρήστη. Σχεδόν, σε κάθε σελίδα της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε και η γλώσσα προγραμματισμού Javascript σε συνδυασμό με τη βιβλιοθήκη της jQuery για τη διαχείριση γεγονότων από την πλευρά του χρήστη. Μερικά από αυτά για παράδειγμα

είναι ο έλεγχος των δεδομένων κατά τη μεταφόρτωση εικόνων στο εξυπηρετητή και στα δυναμικά οπτικά εφέ κατά τη χρήση της εφαρμογής.

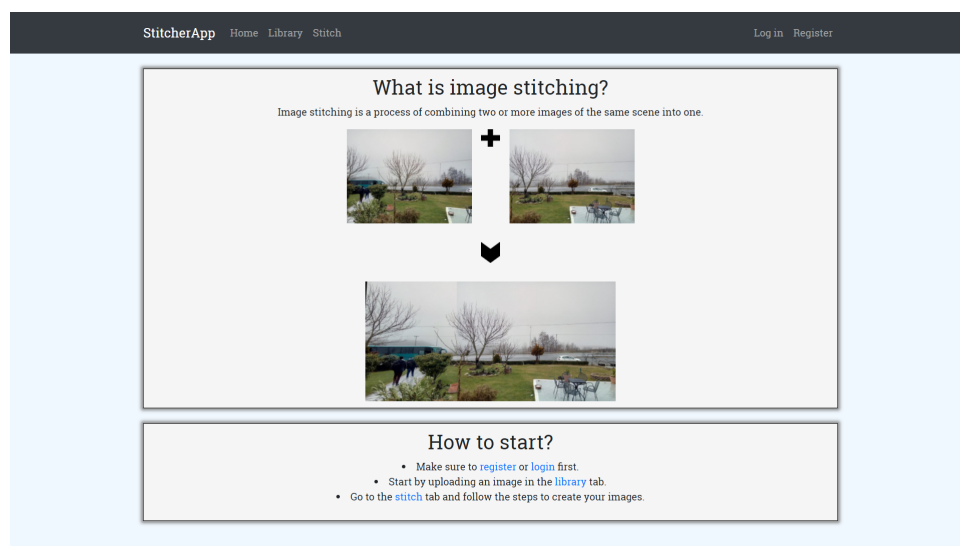
5 Επίδειξη λειτουργικότητας της εφαρμογής

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν και προβληθούν με τη χρήση περιγραφής και εικόνων η λειτουργικότητα και ο χειρισμός της εφαρμογής από την πλευρά του χρήστη της.

5.1 Αρχική σελίδα

Η πρώτη εικόνα αφορά την αρχική σελίδα της εφαρμογής. Αναλόγως με το εάν κάποιος χρήστης είναι συνδεδεμένος ή όχι εμφανίζεται το ανάλογο περιεχόμενο.

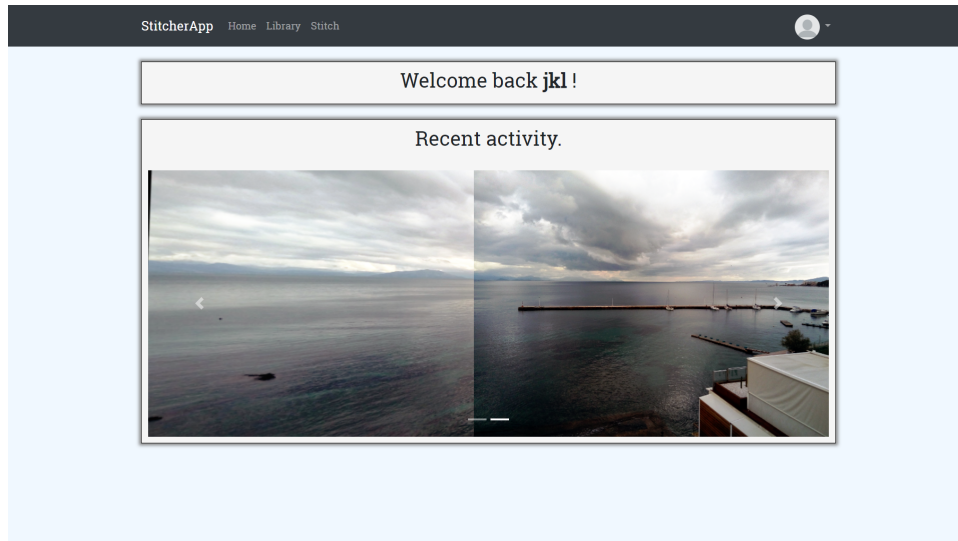
Στη περίπτωση όπου δεν είναι συνδεδεμένος τότε η σελίδα δύο ενότητες. Η πρώτη ορίζει και αναπαριστά με ένα παράδειγμα το τι είναι η συρραφή εικόνων. Αυτό μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο σε κάποιον ο οποίος δεν έχει ξανακούσει τη διαδικασία και με αυτό το τρόπο μπορεί να εισέλθει στο κλήμα εύκολα. Στη δεύτερη εμφανίζονται σύντομες οδηγίες για το πως να ξεκινήσει για να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή και να δημιουργήσει την πρώτη του εικόνα. Οι οδηγίες έγιναν το δυνατόν περισσότερο κατατοπιστικές για να μην επιβαρύνουν το χρήστη καθώς και να του δώσουν τη δυνατότητα να ανακαλύψει το υπόλοιπο περιεχόμενο της εφαρμογής μόνος του. Επιπλέον σε αυτές παρέχονται και οι κατάλληλοι σύνδεσμοι στο κείμενό τους, σε αυτό που αναφέρεται η κάθε πρόταση, για περισσότερη διευκόλυνση.



Σχήμα 24: Αρχική σελίδα εφαρμογής, χωρίς υπάρχον χρήστη

Από την άλλη πλευρά στη περίπτωση που κάποιος χρήστης είναι συνδεδεμένος, δηλαδή χρησιμοποιεί την εφαρμογή, τότε εμφανίζεται ένα μήνυμα που τον καλωσορίζει και επιπλέον έναν ολισθητή εικόνων με τις πιο πρόσφατες εικόνες που δημιούργησε. Αυτός δημιουργήθηκε με τη βιβλιοθήκη της Bootstrap και χάρη στη

λειτουργία του είναι δυνατό να αλλάζει την εικόνα στην επόμενη, εφόσον υπάρχει, αυτόματα ανά τακτά χρονικά διαστήματα.



Σχήμα 25: Αρχική σελίδα εφαρμογής με υπάρχον χρήστη

5.2 Γραμμή πλοήγησης

Η γραμμή πλοήγησης περιέχει μερικά κουμπιά με τα οποία ο χρήστης περιηγείται εύκολα στις λειτουργίες της εφαρμογής. Ξεκινώντας από το κουμπί "App" πέρα από τη δήλωση του ονόματος της εφαρμογής χρησιμοποιείται και για την ανακατεύθυνση του χρήστη στην αρχική σελίδα. Το κουμπί "Home" χρησιμοποιείται και αυτό για την ανακατεύθυνση στην αρχική σελίδα σε περίπτωση που δεν γίνει αισθητό η προηγούμενη λειτουργία του λογοτύπου της εφαρμογής. Το κουμπί "Library" κατευθύνει τον χρήστη στη σελίδα όπου διαχειρίζεται τα αρχεία εικόνων του. Πιο συγκεκριμένα έχει τη δυνατότητα να ανεβάζει, να προβάλλει, να περιηγείται στις υπάρχουσες του και να διαγράφει τις εικόνες του. Το κουμπί "Stitch" όπως αναγράφεται από το όνομά του αφορά την λειτουργία της συρραφής των εικόνων.

Η γραμμή πλοήγησης είναι δυναμική και αλλάζει. Αυτό εξαρτάται με το γεγονός εάν είναι κάποιος χρήστης συνδεδεμένος ή όχι. Στη περίπτωση που δεν υπάρχει κάποιος χρήστης τότε εμφανίζονται τα κουμπιά για την είσοδο και εγγραφή του, ενώ εάν υπάρχει ήδη τότε εμφανίζεται ένα εικονίδιο το οποίο περιέχει λειτουργίες του λογαριασμού του χρήστη.



Σχήμα 26: Γραμμή πλοήγησης εφαρμογής χωρίς συνδεδεμένο χρήστη



Σχήμα 27: Γραμμή πλοήγησης εφαρμογής με συνδεδεμένο χρήστη

5.3 Δημιουργία νέου λογαριασμού

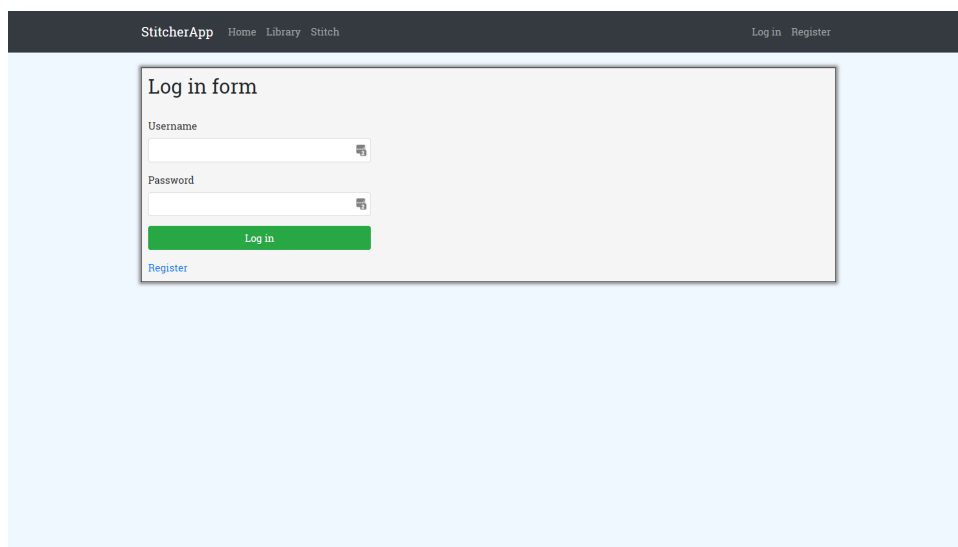
Για τη δημιουργία νέου χρήστη στην εφαρμογή πρέπει να γίνει η συμπλήρωση των απαραίτητων στοιχείων. Τα στοιχεία που χρειάζονται να συμπληρωθούν είναι το όνομα (Name), το επώνυμο (Surname), τη διεύθυνση email (email) του καθώς και όνομα χρήστη (username) και κωδικό (password) για την είσοδό του στην εφαρμογή. Το όνομα καθώς και το επώνυμο που θα δηλώσει ο χρήστης δεν έχουν κάποιο λειτουργικό ρόλο.

Σχήμα 28: Δημιουργία νέου λογαριασμού

Στη περίπτωση που ο χρήστης που κάνει την εγγραφή, δηλαδή έχει συμπληρώσει τα στοιχεία του στη φόρμα και πατήσει το κουμπί "Register", τότε μπορούν να συμβούν τρία γεγονότα. Το πρώτο αφορά του διπλότυπους χρήστες. Εάν ο χρήστης δηλώσει όνομα χρήστη το οποίο είναι ίδιο με κάποιο υπάρχον χρήστη, τότε θα γίνει ανακατεύθυνση του τρέχον χρήστη στην ίδια σελίδα για να υποβάλλει ξανά τα στοιχεία του. Στο δεύτερο, εάν κάποιος χρήστης έχει ήδη λογαριασμό και προσπαθήσει να κάνει ξανά νέο λογαριασμό τότε θα αποσυνδεθεί από τον τρέχον του και θα συνδεθεί αυτόματα στο νέο του. Τρίτο και τελευταίο, εάν δεν συμβεί τίποτα από τα παραπάνω τότε η εγγραφή θα είναι επιτυχής και θα συνδεθεί ο χρήστης άμεσα στον λογαριασμό του.

5.4 Σύνδεση σε υπάρχον λογαριασμό

Όταν κάποιος εγγεγραμμένος χρήστης προσπαθεί να συνδεθεί στον λογαριασμό του θα χρειαστεί να κατευθυνθεί στην κατάλληλη σελίδα για την σύνδεσή του. Αυτό γίνεται πατώντας το κουμπί "Login" στη γραμμή πλοήγησης. Σε αυτή θα βρει μια φόρμα όπου θα του ζητηθούν το όνομα χρήστη του καθώς και ο κωδικός του καθώς και δύο κουμπιά το ένα για την σύνδεσή (Login) του και το άλλο για την εγγραφή (Register) του σε περίπτωση που δεν έχει ήδη. Στη περίπτωση που τα στοιχεία εισόδου του χρήστη είναι σωστά τότε συνδέεται επιτυχώς στην εφαρμογή και ανακατευθύνετε στην αρχική σελίδα της. Διαφορετικά, παραμένει στη σελίδα αυτή για να ξαναπροσπαθήσει για μια νέα σύνδεσή του.

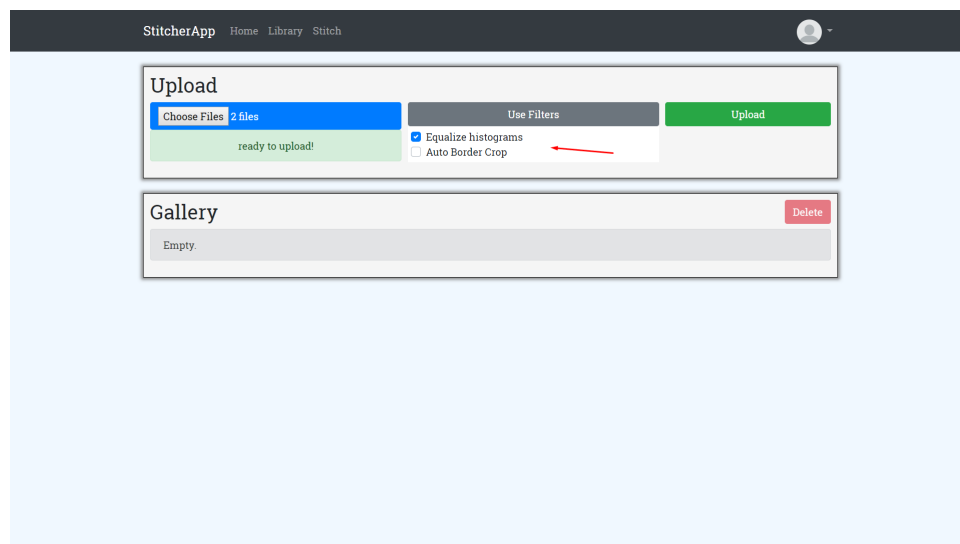


Σχήμα 29: Σύνδεση σε υπάρχον λογαριασμό

5.5 Μεταφόρτωση εικόνων

Προκειμένου ο χρήστης να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή θα πρέπει να έχει ψηφιακές εικόνες στη συλλογή του. Για τις τοποθετήσει εκεί θα πρέπει να κάνει μεταφόρτωση τις εικόνες του. Πρώτα θα χρειαστεί να πατήσει το κουμπί του μενού "Library" και στη συνέχεια να πατήσει το κουμπί "Choose Files". ο περιηγητής που χρησιμοποιεί θα του ανοίξει ένα παράθυρο όπου εκεί θα έχει τη δυνατότητα να επιλέξει πολλαπλά αρχεία εικόνων. Τα επιτρεπτά τα οποία αποδέχεται και διαχειρίζεται η εφαρμογή είναι τύπου ".png", ".jpg" και ".jpeg". Στη περίπτωση που ικανοποιείται και μη η συνθήκη αυτή τότε ενημερώνεται σε ένα πλαίσιο κάτω από το κουμπί για την επιλογή αρχείων για το εάν θα είναι επιτυχής ή όχι η προσπάθειά του αντίστοιχα. Μια άλλη ένδειξη για την ικανοποίηση των περιορισμών στην μεταφόρτωση αρχείων μετά την επιλογή αυτών είναι η ενεργοποίηση και η απε-

νεργοποίηση του πλήκτρου "Upload" που χρησιμοποιείται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας.



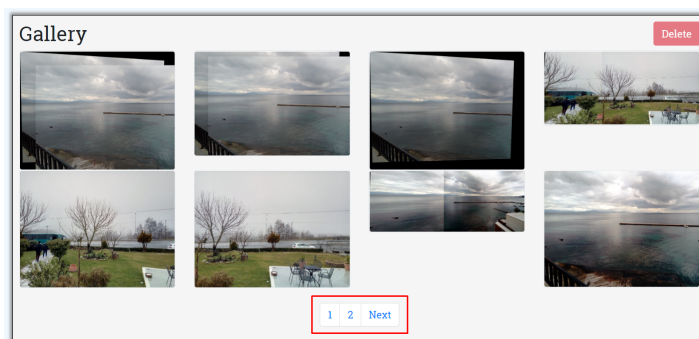
Σχήμα 30: Μεταφόρτωση εικόνας

Επιπλέον ενδιάμεσα από τα πλήκτρα επιλογής αρχείων και μεταφόρτωσης αυτών υπάρχει και ένα ακόμα με όνομα "Use Filters". Αυτό το κουμπί είναι ένα πτυσσόμενο μενού και περιέχει τρεις επιλογές οι οποίες είναι προαιρετικές από τον χρήστη. Εάν, επιλέξει μια ή περισσότερες από αυτές μπορεί να εφαρμόσει φίλτρα πάνω στις εικόνες για την βελτίωσή τους. Αυτά είναι: το "Normalize histograms" το οποίο θα κάνει εξισορρόπηση ιστογράμματος στην εικόνα για την βελτίωση της αντίθεσής της, το "Auto Border Crop" το οποίο θα κάνει περικοπή την εικόνα και θα διώξει ανεπιθύμητα όρια γύρω από αυτή και το "Fix Aspect Ratio (16:9)" όπου θα διορθώσει την αναλογία απεικόνισής της εικόνας στην κλίμακα 16 προς 9. Αυτά τα φίλτρα μπορούν να φανούν αρκετά χρήσιμα αργότερα κατά τη διαδικασία της συρραφής εικόνων και συγκεκριμένα μπορούν να αντιμετωπίσουν προβλήματα τα οποία εμφανίζονται στην εξαγωγή χαρακτηριστικών εικόνας.

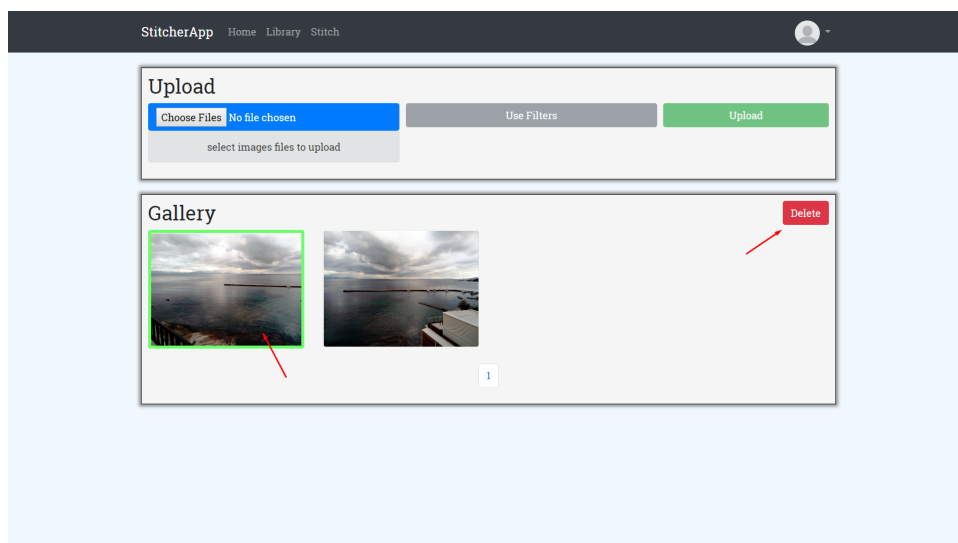
5.6 Προβολή και διαχείριση εικόνων

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προβάλει και να διαχειριστεί τις εικόνες στη συλλογή του. Με σκοπό την βελτίωση της ταχύτητας στην εμπειρία του χρήστη στην εφαρμογή και στον περιηγητή του οι εικόνες δεν εμφανίζονται όλες στη συλλογή του. Συγκεκριμένα μπορεί να περιηγηθεί σε αυτές καθώς η συλλογή είναι σελιδοποιημένη. Ακριβώς κάτω από την προβολή της λίστας εικόνων υπάρχουν πλήκτρα για την πλοήγησή του. Με τα πλήκτρα αριθμών επιλέγει και προβάλει συγκεκριμένες σελίδες ενώ με τα πλήκτρα "Previous" και "Next" μεταφέρεται στην προηγούμενη και επόμενη σελίδα αντίστοιχα. Επιπλέον, παρέχεται και η δυνατότητα να

διαγράφει μία ή περισσότερες εικόνες από τη συλλογή όποτε θελήσει. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιλογή των εικόνων που επιθυμεί και την εφαρμογή του κουμπιού "Delete" για την ολοκλήρωση της διαδικασίας.



Σχήμα 31: Πλοήγηση στη συλλογή εικόνων με τη χρήση σελίδων

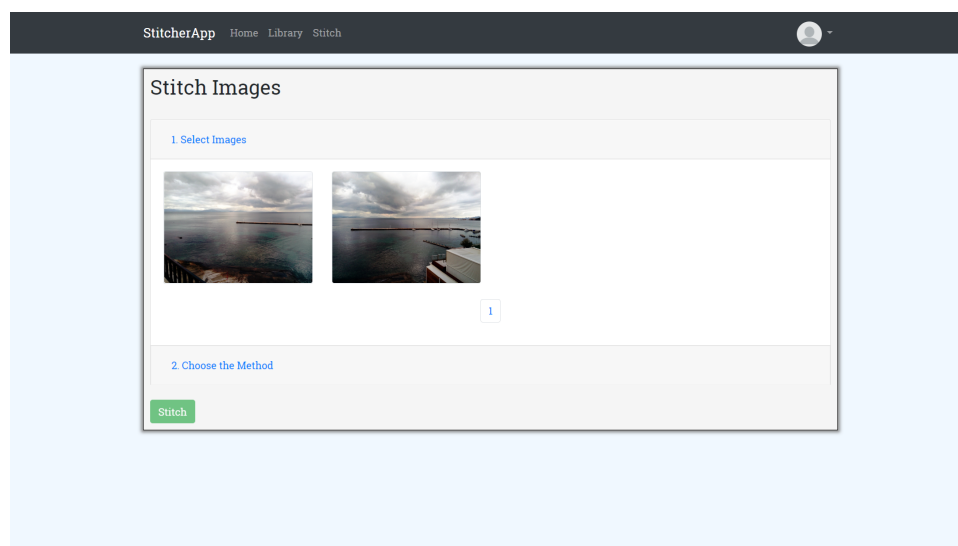


Σχήμα 32: Διαγραφή εικόνας/ων

5.7 Διεπαφή για τη συρραφή εικόνων

Η λειτουργία της συρραφής εικόνων από το χρήστη βρίσκεται στη σελίδα "Stitch". Σε αυτή φαίνεται ένα στοιχείο της bootstrap γνωστό ως "accordion", στην επέκταση του χάρη στη χρήση του συστατικού "card", καθώς και ένα απενεργοποιημένο κουμπί. Για κάθε περιοχή του "accordion" υπάρχει αριθμητική στοίχιση για να φαίνο-

νται τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης για την άρτια εκτέλεση της λειτουργίας του.

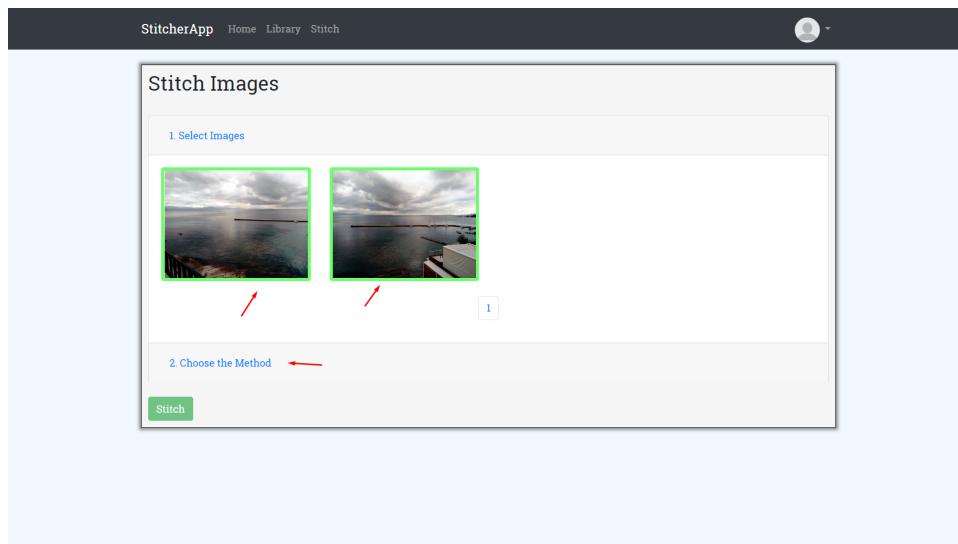


Σχήμα 33: Σελίδα για την συρραφή εικόνων

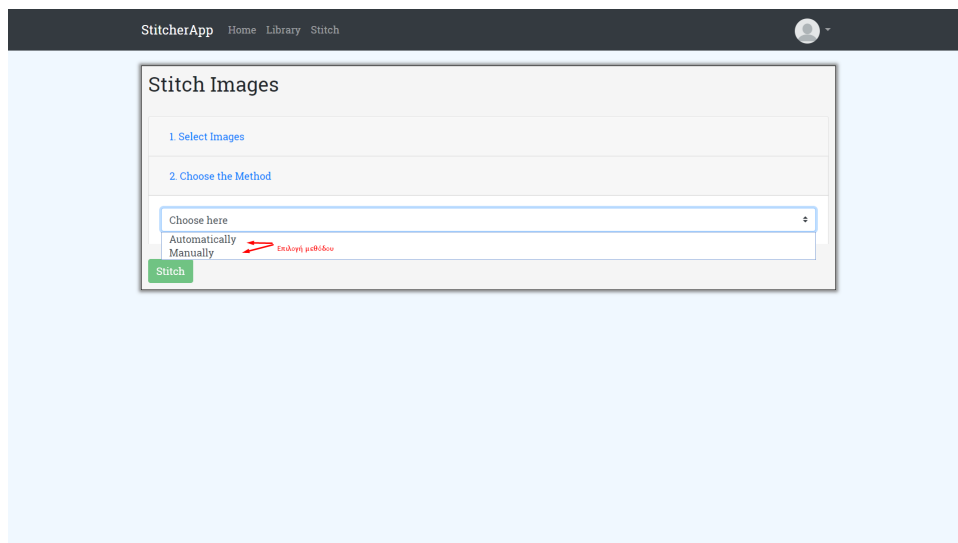
Αρχίζοντας από την πρώτη περιοχή του στοιχείου, πρώτο βήμα, είναι απαραίτητο σε αυτό να επιλεγθούν τουλάχιστον μια εικόνα για προφανής λόγους. Ένας ακόμα περιορισμός είναι το μέγιστο πλήθος των εικόνων που μπορούν να επιλεγούν και αυτό είναι έξι (6). Επιπλέον, μπορεί να προηγηθεί με τη χρήση των σελίδων και σε άλλες σε περίπτωση που δεν του εμφανίζονται οι επιθυμητές.

Μόλις επιλέξει ορθά τις εικόνες μπορεί να επιλέξει στο δεύτερο βήμα για την επιλογή της μεθόδου συρραφής. Σε αυτή εμφανίζεται ένα πτυσσόμενο μενού με περιεχόμενο δύο επιλογές. Η πρώτη επιλογή "Automatically" αφορά τη λειτουργία αυτόματης συρραφής εικόνων. Εάν επιλεγθεί τότε είναι έτοιμος να πατήσει το κουμπί "Stitch" και να ολοκληρώσει τη διαδικασία. Η δεύτερη επιλογή "Manually" αφορά τη λειτουργία της χειροκίνητης συρραφής εικόνων. Με την επιλογή ο χρήστης αν χρειαστεί να μεταβεί και σε ένα ακόμα βήμα το οποίο λέγεται "Align Images" (Ευθυγράμμιση εικόνων). Σε αυτό φαίνονται μόνο οι εικόνες που επέλεξε ο χρήστης από το πρώτο βήμα και εκεί έχει τη δυνατότητα να ορίσει μια σειρά μεταξύ τους. Δηλαδή, να δώσει προτεραιότητα και να αλλάξει τον τρόπο που θα τις χειριστεί το πρόγραμμα που αναλαμβάνει τη συρραφή των εικόνων στη συνέχεια.

Ο κώδικας που υλοποιήθηκε για την αλλαγή της θέσης των εικόνων βασίστηκε στον κώδικα [32] του χρήστη "thomasdevin525" ο οποίος είναι διαθέσιμος στη πλατφόρμα του Github. Για το επιθυμητό αποτέλεσμα έγιναν οι κατάλληλες τροποποιήσεις για να γίνει συμβατός με τις ανάγκες της εφαρμογής.



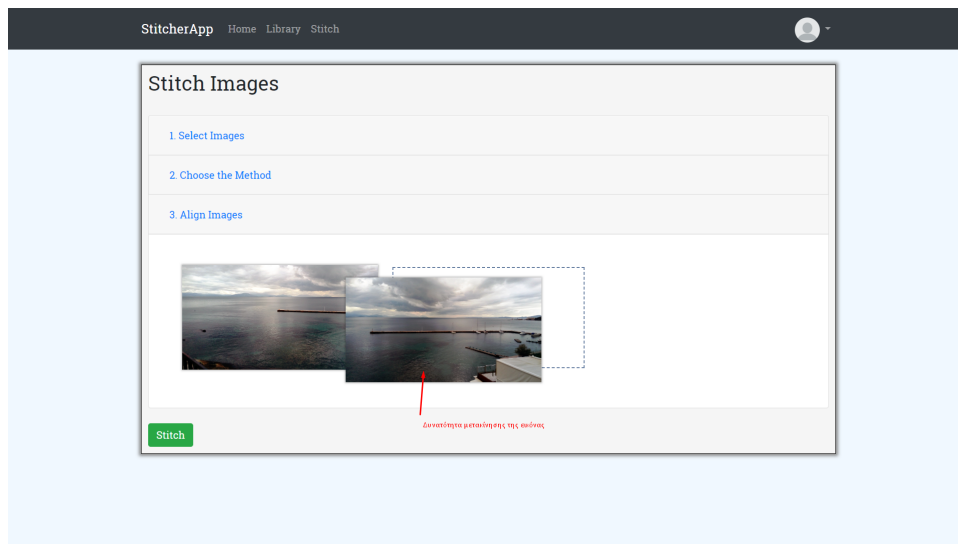
Σχήμα 34: Πρώτο βήμα: Επιλογή εικόνων από τη συλλογή του χρήστη



Σχήμα 35: Δεύτερο βήμα: Επιλογή Μεθόδου σρραφής εικόνων

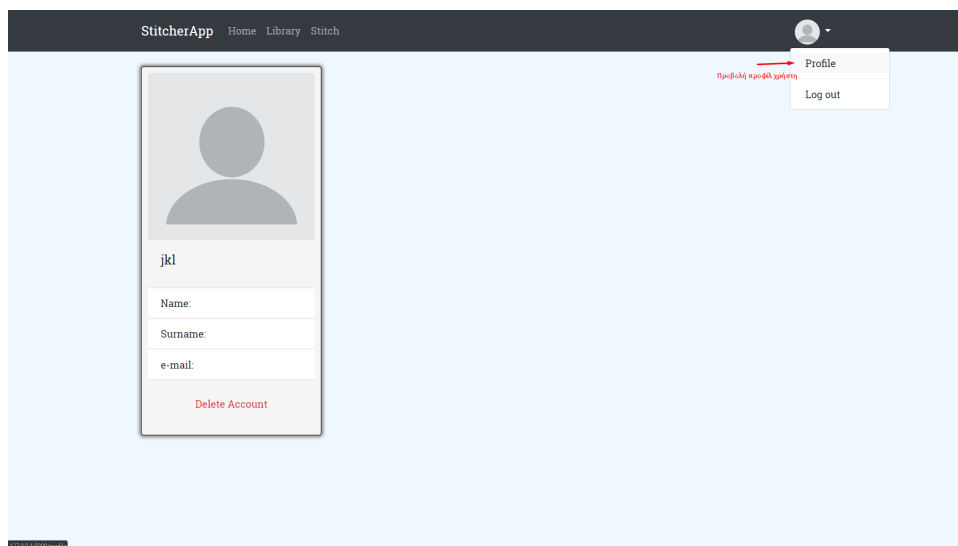
5.8 Προβολή στοιχείων λογαριασμού του χρήστη

Για να γίνει δυνατή η προβολή στοιχείων του χρήστη είναι απαραίτητο πρώτα να έχει κάνει εγγραφή και να είναι συνδεδεμένος στην εφαρμογή. Βάση αυτών, στη συνέχεια θα χρειαστεί να μετακινήσει τον κέρσορα του στο τέλος της γραμμής πλοήγησης της σελίδας και να επιλέξει το εικονίδιο του. Εάν κάνει κλικ τότε θα



Σχήμα 36: Τρίτο βήμα (μόνο στην επιλογή "Manually"): Αλλαγή διάταξης εικόνων

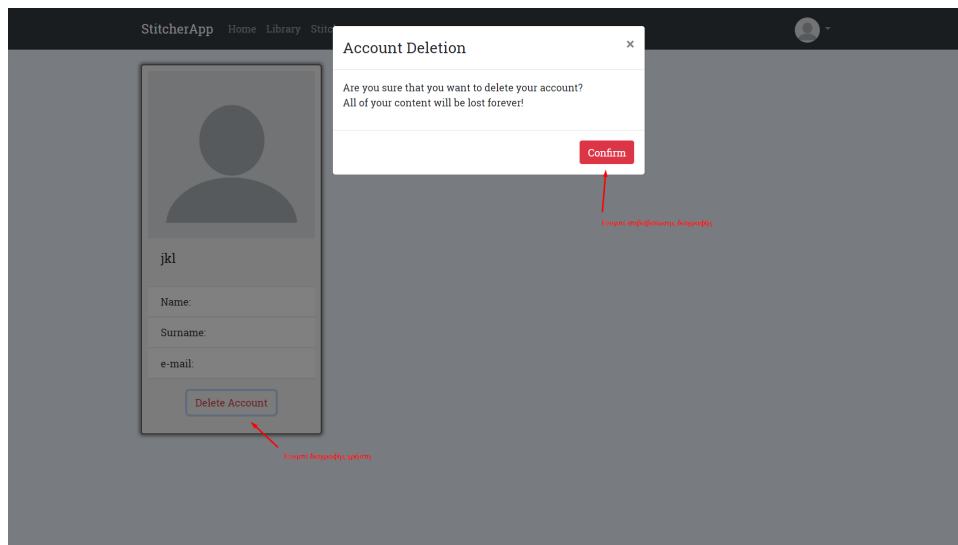
εμφανιστεί ένα πτυσσόμενο μενού με δύο επιλογές. Η πρώτη αφορά την προβολή του προφίλ του και η δεύτερη την αποσύνδεσή του από την εφαρμογή. Επιλέγοντας την πρώτη επιλογή θα ανακατευθύνει σε μια νέα σελίδα στην οποία θα εμφανιστεί μια κάρτα με την εικόνα του στην εφαρμογή μαζί με τα δηλωμένα στοιχεία του.



Σχήμα 37: Προβολή λογαριασμού του χρήστη

Επιπλέον, στο τέλος αυτή της κάρτας έχει τη δυνατότητα να κάνει διαγραφή

του λογαριασμού του και να διαγράψει όλο το περιεχόμενό του στην εφαρμογή. Αυτό επιτυγχάνεται πατώντας το κουμπί "Delete Account". Με το που θα το πατήσει θα του εμφανιστεί ένα προειδοποιητικό μήνυμα για λόγους ασφάλειας το οποίο πέρα από να τον προειδοποιήσει θα τον ενημερώσει για το αντίκτυπο αυτής τη πράξης.



Σχήμα 38: Διαγραφή λογαριασμού του χρήστη

6 Επίλογος

Σε αυτή την ενότητα θα αποδοθούν μερικά από τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη συνολική παρούσα πτυχιακή εργασία, οι προκλήσεις κατά τη διάρκεια της καθώς και πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις για να αναπτύξουν και να διευρύνουν τις λειτουργίες της εφαρμογής.

6.1 Σύνοψη και συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η δημιουργία μια διαδικτυακής εφαρμογής με σκοπό τη ψηφιακή συρραφή εικόνων. Η δημιουργία της έγινε με τον συνδυασμό ενός συνόλου διαφορετικών τεχνολογιών, όπως προαναφέρθηκαν, καθώς και μεθόδων για να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Οι προκλήσεις που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της δημιουργίας της εφαρμογής είναι ποικίλες. Ένα ελάττωμα στη βιβλιοθήκη εμφανίζεται στην απόδοση και στο χειρισμό των σφαλμάτων της συγκεκριμένα στη γλώσσα Python. Στη παρούσα περίπτωση υπήρχε δυσκολία αποσφαλμάτωσης του κώδικα με τα μηνύματα της OpenCV καθώς δεν υπήρχε δυνατότητα διευκλύνσης στο χειρισμό τους. Πιο συγκεκριμένα στη περίπτωση υποστήριξης της μνήμης από την πλευρά της βιβλιοθήκης. Επιπλέον, κάτι που προαναφέρθηκε προηγούμενος, η αδυναμία εκτέλεσης του αλγορίθμου SIFT καθώς δεν συμπεριλαμβάνεται στο βασικό πακέτο της OpenCV. Τέλος, μία άλλη πρόκληση παρατηρήθηκε στο φόρτο εργασίας. Στη περίπτωση της παρούσας εφαρμογής το πρόγραμμα του εξυπηρετητή, αυτά του περιηγητή του χρήστη και τη βάση δεδομένων έπρεπε να σχεδιαστούν από ένα άτομο κάτι το οποίο δημιουργεί μια ανάμειξη τεχνολογιών μεταξύ τους για την εκτέλεση του ζητούμενου σκοπού. Συνοπτικά, αυτή η κατάσταση του ατόμου ονομάζεται Full Stack Web Developer και το άτομο είναι αυτό που αναπτύσσει το λογισμικό από τη πλευρά του χρήστη και εξυπηρετητή.

6.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Αρχικά, καλό θα ήταν να αναβαθμιστούν και να επεκταθούν οι λειτουργίες και η διεπαφή του χρήστη έτσι ώστε να μπορεί να κάνει πιο αποτελεσματικά και εξειδικευμένα τις εργασίες του πληρούν τις ανάγκες του. Λόγω της ανάπτυξης των κοινωνικών δικτύων είναι λογικό να έχει τη δυνατότητα να μπορεί να κοινοποιεί το περιεχόμενο στις πλέον δημοφιλείς πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης, όπως για παράδειγμα στο Facebook, Twitter και Instagram. Επιπλέον, να δίνεται η επιλογή της αποθήκευσης των αποτελεσμάτων στο cloud άλλων εφαρμογών, όπως στο Google Drive και Dropbox, καθώς πλέον οι χρήστες είναι πλέον περισσότερο εξοικειωμένοι με αυτά και μπορεί να φανεί χρήσιμο σε αυτούς που το χρησιμοποιούν εξεζητημένα. Μία άλλη ιδέα αφορά τη δημιουργία ενός συστήματος αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Πιο συγκεκριμένα, οι χρήστες θα μπορούν να μοιράζονται το περιεχόμενο μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να φανεί χρήσιμο όταν ένα άτομο, για παράδειγμα, δεν έχει "τραβήξει" αρκετές εικόνες από ένα ταξίδι και του λείπει, ας υποθέσουμε, μία από κάποια σκηνή. Έτσι, θα μπορεί να κάνει ένα έτοιμα για αυτή τη σκηνή που χρειάζεται και να δημιουργείται αίτημα

και σε αυτούς που έχουν δηλώσει ότι είναι πρόθυμοι να βοηθήσουν για αυτή τη λειτουργία. Στη συνέχεια αυτό εγείρει μια άλλη ιδέα της βράβευσης των χρηστών μεταξύ τους καθώς και της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, βάση του βαθμού συνεργασίας τους. Τέλος, να γίνει χρήση των τεχνολογιών Asynchronous JavaScript and XML (AJAX) που υποστηρίζει η jQuery για πιο αποδοτική εμπειρία του χρήστη και του προγράμματος του εξυπηρετητή στα αιτήματά του.

Αναφορές

- [1] S. Sudarshan Abraham Silberschatz, Henry Korth. *Συστήματα Βάσεων Δεδομένων 6η Έκδοση : Η πλήρης θεωρία των βάσεων δεδομένων*. Αθήνα [GR] : Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας / Α. Γκιούρδα και Σια Ο.Ε., 2012.
- [2] Alex Bell. Cameras as traffic cops.
- [3] Bootstrap. About bootstrap.
- [4] Bootstrap. Bootstrap documentation.
- [5] BSD. Bsd license.
- [6] Swedberg Karl Chaffer, Jonathan. *Learning jQuery - Fourth Edition*. Packt Publishing, December.
- [7] Dr. Steve Cunningham. Computer graphics: Programming, problem solving, and visual communication, 2003.
- [8] E. R. Davies. Computer and machine vision: Theory, algorithms, practicalities, E. R. Davies.
- [9] Hazem Elbakry Ebtsam Adel, Mohammed Elmogy. Image stitching based on feature extraction techniques: A survey. August 2014.
- [10] Andrea Cavallaro Evangelos Sariyanidi, Hatice Gunes. Automatic analysis of facial affect: A survey of registration, representation, and recognition. page 1113, JUNE 2015.
- [11] Flask. Flask login.
- [12] Flask. Flask sqlalchemy.
- [13] Google. Google chrome.
- [14] Google. Google chrome devtools.
- [15] Li Yu Sébastien Glaser Guillaume Bresson, Zayed Alsayed. Simultaneous localization and mapping: A survey of current trends in autonomous driving, 04 September 2017.
- [16] Jeffrey C. Jackson. *WEB TECHNOLOGIES: A Computer Science Perspective*. Pearson, August 2006.
- [17] JavaTpoint. Applications of digital image processing.
- [18] David G. Lowe Matthew Brown. Automatic panoramic image stitching using invariant features. 19 December 2006.
- [19] Yuan-Shui Huang Meng-Yin Fu. A survey of traffic sign recognition. 11-14 July 2010.

- [20] Microsoft. Visual studio code.
- [21] OpenCV. Repository for opencv's extra modules.
- [22] Adrien Bartoli Pablo Fern´andez Alcantarilla and Andrew J. Davison. Kaze features. page 226.
- [23] Nick Patel. Pros and cons of bootstrap foundation – know what you need!
- [24] Ubaid Pisuwala. Fundamentals of web application architecture.
- [25] Dr. Gerhard Roth. Homography.
- [26] Steven Schmatz. How does a k-d tree find the k nearest neighbors?
- [27] SQLAlchemy. The python sql toolkit and object relational mapper.
- [28] Rajat Tiwari Srishty Suman, Utkarsh Rastogi. Image stitching algorithms - a review. Dec 2016.
- [29] Peter Norvig Stuart Russel. *Τεχνητή Νοημοσύνη 2η έκδοση : Μια σύγχρονη προσέγγιση*. Αθήνα [GR] : Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2005.
- [30] Tinku Acharya Sushmita Mitra. Gesture recognition: A survey, May 2007.
- [31] OpenCV team. Opencv.
- [32] thomasdevin525. Drag and drop image gallery with javascript.
- [33] RSIP VISION. Medical segmentation.
- [34] w3schools. What is the html dom?
- [35] Wikipedia. Javascript.
- [36] Wikipedia. Διαδικτυακή εφαρμογή.
- [37] Chris Woodford. Optical character recognition (ocr).
- [38] Roy A. Plastock Zhigang Xiang. *Schaum's Outline of Computer Graphics*. McGraw-Hill Education, 2000.
- [39] Μιχαήλια Κομβούτη-Βέρου. Εισαγωγή στο css.
- [40] Νικόλαος Η. Παπαμάρκος. *Ψηφιακή Επεξεργασία Ανάλυση Εικόνας*. Ξάνθη [GR] : Νικόλαος Ηλ. Παπαμάρκος, 2013.
- [41] Συλλογικό. *Τεχνητή νοημοσύνη*. Θεσσαλονίκη [GR] : Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας, 01/06/2011.