



DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE

DEPARTMENT OF
ELECTRICAL & COMPUTER
ENGINEERING



Όραση Υπολογιστών

Εργασία 2



Ον/μο Φοιτητή: Μπιτζίδης Χαράλαμπος

AM: 57424

Περιεχόμενα:

- Σκοπός Εργασίας
- Περιγραφή και ανάλυση βημάτων και επιμέρους μεθόδων που απαρτίζουν την ολοκληρωμένη μεθοδολογία.
- Παρουσίαση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων των ενδιάμεσων βημάτων, συμπεριλαμβανομένων και των ταιριασμάτων (matches) που προέκυψαν μεταξύ των εικόνων.
- Παρουσίαση τελικών αποτελεσμάτων.
- Σχολιασμός τελικών αποτελεσμάτων και δικαιολόγηση πιθανών αστοχιών της μεθοδολογίας

Σκοπός Εργασίας

Η συγκεκριμένη εργασία είναι η δεύτερη από μια σειρά εργασιών που θα δοθούν στο πλαίσιο του μαθήματος Όραση Υπολογιστών και έχει ως στόχο την υλοποίηση αλγορίθμου που παράγει πανοράματα από επιμέρους εικόνες.

Το σετ δεδομένων (dataset) αποτελείται από δύο επιμέρους σετ δεδομένων από εικόνες. Το πρώτο σετ που αφορά τις εικόνες του φακέλου “yard-house”, οι οποίες είναι αυτές προς υλοποίηση πανοράματος από την εκφώνηση της εργασίας. Και το δεύτερο σετ αφορά τις εικόνες που επιλέγει ο κάθε φοιτητής για την υλοποίηση ενός άλλου πανοράματος, δηλαδή τις εικόνες του φακέλου “my-images”.

Στην εργασία αυτή τα ζητούμενα ήταν:

- να παραχθεί το πανόραμα που προέρχεται από τη σύνθεση τουλάχιστον τεσσάρων εικόνων χρησιμοποιώντας τους παρακάτω ανιχνευτές και περιγραφείς:
 - a. SIFT
 - b. SURF
- να προβληθούν τα πανοράματα που προέκυψαν με τις παραπάνω μεθοδολογίες και να συγκριθούν τόσο μεταξύ τους όσο και με το πανόραμα που θα παραχθεί με τη χρήση του Image Composite Editor.
- να επαναληφθεί η παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιώντας τουλάχιστον τέσσερις (4) εικόνες με βάση την επιλογή του κάθε φοιτητή.

Περιγραφή και ανάλυση βημάτων και επιμέρους μεθόδων που απαρτίζουν την ολοκληρωμένη μεθοδολογία.

Εισαγωγικά σχόλια - παρατηρήσεις

Ο κώδικας υλοποιήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να επιστρέψει ως αποτέλεσμα πρώτα τα πανοράματα από τους περιγραφείς SIFT και SURF των δεδομένων εικόνων που βρίσκονται στο φάκελο “yard-house” και έπειτα τα πανοράματα από τους περιγραφείς SIFT και SURF των εικόνων που βρίσκονται στο φάκελο “my-images”.

Σε κάθε μια δημιουργία από τα τέσσερα πανοράματα που αναφέρθηκαν παραπάνω ο κώδικας ακολουθεί την ίδια μορφή. Η στρατηγική που επιλέχθηκε ήταν ο κώδικας να τρέχει σε μια δομή επανάληψης και να επιλέγει κάθε φορά δύο εικόνες. Σε κάθε επανάληψη να επιστρέψει το επιμέρους πανόραμα δύο διαδοχικών εικόνων και να το αποθηκεύει αυτό σε μια τρίτη εικόνα και στην συνέχεια να επιστρέψει το νέο επιμέρους πανόραμα της τρίτης αυτής εικόνας με την νέα εικόνα δεδομένων στην επόμενη επανάληψη.

Για να είναι αποτελεσματική αυτή η στρατηγική θα έπρεπε οι διαδοχικές εικόνες να έχουν κοινά στοιχεία, ώστε να μπορεί να εξαχθεί ταίριασμα των κοινών χαρακτηριστικών των εικόνων αυτών. Για τον λόγο αυτό έγινε μια προεπεξεργασία στις εικόνες. Δηλαδή επιλέχθηκε μια σειρά που επεξεργάστηκαν οι εικόνες από τον κώδικα. Η σειρά που έχει επιλεχθεί για την υλοποίηση των εικόνων πανοράματος είναι αυτή η σειρά των εικόνων που τραβήχτηκαν από αριστερά προς τα δεξιά. Η σειρά αυτή θα έπρεπε να ήταν κοινή για όλα τα σετ δεδομένων, επειδή οι ρουτίνες που υλοποιούν το πανόραμα γράφτηκαν σε συναρτήσεις, οι οποίες καλούνταν κάθε φορά, με τον ίδιο τρόπο ανεξάρτητα από τα αντίστοιχα σετ δεδομένων.

Κατα την διάρκεια υλοποίησης του αλγορίθμου τυπώθηκαν στην οθόνη του υπολογιστή τα διάφορα στάδια της δεδομένης εικόνας με σκοπό τον έλεγχο των ενδιάμεσων βημάτων. Οι εικόνες αυτές τυπώθηκαν χρησιμοποιώντας μια τεχνική αλλαγής μεγέθους (resizing) χρησιμοποιώντας την συναρτηση της OpenCV, cv2.resize(). Επιλέχθηκαν αυθαίρετα οι τελικές επιθυμητές διαστάσεις προβολής των εικόνων, ώστε να φαίνεται ολόκληρη η εικόνα κάθε φορά στην οθόνη του υπολογιστή.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η δομή του κώδικα ήταν η ακόλουθη:

- εισαγωγή του επιθυμητού σετ δεδομένων (πχ. “yard-house”) και διαχωρισμός σε πρώτη εικόνα και υπόλοιπες εικόνες.
- δομή επανάληψης για τις τέσσερις υπόλοιπες εικόνες, οι εντολές της οποίας ήταν:
 - εφαρμογή της επεξεργασίας πανοράματος από τον επιθυμητό περιγραφέα. (πχ. SIFT) στην πρώτη εικόνα και στην πρώτη από τις υπόλοιπες εικόνες.
 - περικοπή της εικόνας του επιμέρους πανοράματος που προέκυψε από το προηγούμενο βήμα.
 - αντικατάσταση της προηγούμενης πρώτης εικόνας με την περικομμένη έκδοση του επιμέρους πανοράματος που προέκυψε από πριν.
 - επανάληψη για τις υπόλοιπες (τρεις πλέον) εικόνες.
- αποθήκευση της τελικής εικόνας πανοράματος που προέκυψε στο τελευταίο βήμα της παραπάνω δομής επανάληψης.

Υπενθυμίζεται ότι η παραπάνω δομή ακολουθήθηκε γενικά τέσσερις φορές στον κώδικα:

- παραγωγή εικόνας πανοράματος από τον ανιχνευτή SIFT για το σετ δεδομένων του φακέλου “yard-house”.
- παραγωγή εικόνας πανοράματος από τον ανιχνευτή SURF για το σετ δεδομένων του φακέλου “yard-house”.
- παραγωγή εικόνας πανοράματος από τον ανιχνευτή SIFT για το σετ δεδομένων του φακέλου “my-images”.
- παραγωγή εικόνας πανοράματος από τον ανιχνευτή SURF για το σετ δεδομένων του φακέλου “my-images”.

Συνάρτηση πανοράματος από τον ανιχνευτή SIFT:

Αρχικά επιλέχθηκε η παράμετρος του αριθμού των keypoints, δηλαδή των χαρακτηριστικών αυτών σημείων που ανιχνεύει σε κάθε εικόνα, ο ανιχνευτής SIFT, να είναι 4000. Επιλέχθηκε αυτός ο αριθμός έτσι ώστε το αποτέλεσμα να έχει βασιστεί σε έναν τέτοιο αριθμό από χαρακτηριστικά σημεία, όπου αυτά να μην είναι ούτε πολύ λίγα (κι άρα ο αλγόριθμος να βγάζει λιγότερο ακριβή αποτελέσματα) αλλά ούτε και πάρα πολλά (κι άρα ο χρόνος εκτέλεσης του αλγορίθμου να είναι πάρα πολύ μεγάλος, γεγονός απαγορευτικό για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως είναι και η παρούσα εφαρμογή της παραγωγής πανοράματος από επιμέρους εικόνες).

Στην συνέχεια με τον ανιχνευτή που κατασκευάστηκε με τα 4000 keypoints, παράχθηκαν τα keypoints και οι περιγραφείς (descriptors) για τις δύο εικόνες που έπαιρνε ως ορίσματα η συνάρτηση αυτή.

Οι μεταβλητές που περιείχαν τα keypoints της κάθε εικόνας, ήταν μια λίστα, όπου είχε:

- μήκος: 4000 (όσα και τα keypoints)

Επίσης για κάθε ένα keypoint που παραγόταν είχαμε μεταξύ άλλων και τις παρακάτω χρήσιμες πληροφορίες:

- angle: τον προσανατολισμό του
- octave: την κλίμακα στην οποία βρέθηκε
- pt: τις συντεταγμένες του (x,y) στην εικόνα

Όσον αφορά τους περιγραφείς (descriptors), αυτοί υπολογίστηκαν από τα παραπάνω keypoints. Για κάθε μια πό τις δύο εικόνες της συνάρτησης, είχαμε μια tuple, που είχε τα ακόλουθα στοιχεία :

- μια λίστα που περιείχε τα keypoints, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που ήταν και στις μεταβλητές των Keypoints.
- έναν πίνακα μεγέθους (4000, 128).

Το 4000 όπως αναφέρθηκε παραπάνω ήταν το πλήθος των keypoints για την κάθε εικόνα. Το 128 ήταν το πλήθος των χαρακτηριστικών (features), με βάση τα οποία θα γινόταν το ταίριασμα (matching) μεταξύ των δύο εικόνων. Με άλλα λόγια ο πίνακας αυτός (desc[1]), είχε τόσες γραμμές όσα τα keypoints που επιλέξαμε να υπολογίσει ο SIFT και 128 στήλες, δηλαδή 128 χαρακτηριστικά για το κάθε keypoint.

Στην συνέχεια και αφού έτρεχε η συνάρτηση matching(), για το ταίριασμα των δύο εικόνων-ορίσματα της συναρτησης panorama_sift(), ο αλγόριθμος υλοποιούσε έναν μετασχηματισμό προκειμένου να ταιριάξει τις εικόνες αυτές στο διδιάστατο επίπεδο μιας εικόνας (της εικόνας του επιμέρους πανοράματος που αναφέρθηκε και παραπάνω). Για να γίνει αυτό, θα έπρεπε σε μια από τις δύο εικόνες να εφαρμοζόταν κάποιος μετασχηματισμός (μετατόπιση, περιστροφή, σύνθετος μετασχηματισμός κλπ). Επειδή οι εικόνες δεδομένων ήταν από μία κάμερα που έπαιρνε φωτογραφίες την αντίστοιχη σκηνή με διαφορετική γωνία τη μία από την άλλη, ο μετασχηματισμός που συνήθως εφαρμοζόταν στην μια εικόνα ήταν ο προβολικός, έτσι ώστε το επιμέρους πανόραμα να δώσει την αίσθηση της συνέχειας στις δύο εικόνας σαν να τις έβλεπε κανείς στον τρειδιάστατο χώρο. Αφού επιλέχθηκε η σειρά επεξεργασίας εικόνων από τον αλγόριθμο να είναι αυτή από αριστερά προς τα δεξιά, κάθε φορά θα έπρεπε στην εικόνα του επιμέρους πανοράματος να εφαρμοζόταν ο μετασχηματισμός αυτός, έτσι ώστε μετά να έρθει και να βάλει από πάνω της την νέα εικόνα (από τις υπόλοιπες εικόνες) με τέτοιο τρόπο όπου ο κώδικας θα μπορούσε να δώσει το επιθυμητό αποτέλεσμα του επιμέρους πανοράματος.

Συνάρτηση ταιριάσματος (matching):

Όσον αφορά την συνάρτηση που matching(), αυτή ήταν υπεύθυνη για την εύρεση ταιριασμάτων στις δύο κάθε φορά εικόνες. Συγκεκριμένα, θα έπρεπε να βρει το ζευγάρι ενός από τα keypoints της μιας εικόνας με το keypoint της δεύτερης εικόνας, που θα έχει την μικρότερη απόσταση. Ως απόσταση ορίστηκε το άθροισμα των απολύτων τιμών των διαφορών για κάθε ένα από τα 128 χαρακτηριστικά του κάθε keypoint της μιας εικόνας με το keypoint της δεύτερης εικόνας που θα είχε για ζευγάρι.

Ο αλγόριθμος είχε ώς εξής:

- για κάθε ένα keypoint της πρώτης εικόνας:
 - υπολόγισε την διαφορά του πίνακα descriptor της δεύτερης εικόνας από το διάνυσμα χαρακτηριστικών του keypoint αυτού της πρώτης εικόνας στα 128 χαρακτηριστικά των διανυσμάτων
 - υπολόγισε τις παραπάνω αποστάσεις των διανυσμάτων χαρακτηριστικών
 - υπολόγισε την θέση της ελάχιστης απόστασης
 - βρες την απόσταση της
 - δώσε μια μεγάλη τιμή (inf) στην ελάχιστη απόσταση
 - υπολόγισε την θέση της δεύτερης ελάχιστης απόστασης
 - βρες την απόσταση της δεύτερης ελάχιστης απόστασης
 - αν ο λόγος τους είναι μικρότερος από 0.5 τότε αποθήκευσε την πρώτη ελάχιστη απόσταση

Άρα ο αλγόριθμος τελικά υπολογίζει τα ζευγάρια των keypoints της πρώτης εικόνας με την δεύτερη εικόνα.

Συνάρτηση περικοπής (cropping):

Η περικοπή της εικόνας του επιμέρους πανοράματος ήταν σημαντική, για να γίνει η απαραίτητη επεξεργασία πριν το επόμενο βήμα. Επειδή στην εικόνα είχε εφαρμοστεί προβολικός μετασχηματισμός, και επειδή στην δημιουργία του επιμέρους πανοράματος, υπήρχε ένα περιθώριο έτσι ώστε να χωρέσει η εικόνα που περιείχε τις δύο εικόνες ενωμένες, θα έπρεπε να διαγραφεί αυτό το περιθώριο προκειμένου να μην επηρεάσει το επιμέρους πανόραμα της εικόνας αυτής με την νέα εικόνα και αφήσει τα περιθώρια αυτά, ως περιοχές μαύρων εικονοστοιχείων πάνω στην παραγόμενη εικόνα.

Η στρατηγική που ακολουθήθηκε ήταν η εξής:

- μετατροπή της εικόνας σε εικόνα διαβάθμισης του γκρι
- μετατροπή της grayscale εικόνας σε δυαδική εικόνα
- εύρεση των περιγραμμάτων του αντικειμένου με την χρήση της συνάρτησης cv2.findContours()
- εξαγωγή συντεταγμένων ενός περιβάλλοντος κουτιού γύρω από το αντικείμενο με χρήση της cv2.boundingRect()
- περικοπή στις συντεταγμένες του περιβάλλοντος αυτού κουτιού (x, y, w, h)

Εφαρμόζεται ένα κατώφλι ίσο με 0 στην εικόνα, το οποίο χωρίζει τα εικονοστοιχεία της περιοχής της εικόνας σε λευκά εικονοστοιχεία και τα εικονοστοιχεία του φόντου σε μαύρα εικονοστοιχεία,. Οπότε προκύπτει ένα αντικείμενο, η επιθυμητή περιοχή.

Συνάρτηση πανοράματος από τον ανιχνευτή SURF:

Όσον αφορά τον ανιχνευτή SURF, η ακολουθία των εντολών που πραγματοποιήθηκαν, ήταν παρόμοια με αυτή στον ανιχνευτή SIFT.

Αρχικά επιλέχθηκε η παράμετρος του κατωφλίου Hessian, παράμετρος η οποία επηρέαζε τον αριθμό των keypoints, δηλαδή των χαρακτηριστικών αυτών σημείων που ανιχνεύει σε κάθε εικόνα, ο ανιχνευτής SURF. Με την αύξηση του κατωφλίου Hessian, έχουμε μείωση του αριθμού των keypoints και αντίστροφα. Τελικά επιλέχθηκε αυθαίρετα η παράμετρος αυτή να πάρει την τιμή 10000.

Επίσης επιλέχθηκε η χρήση 128 χαρακτηριστικών (features) στα διανύσματα χαρακτηριστικών των keypoints, έτσι ώστε να γίνει μια σύγκριση με τον αλγόριθμο SIFT που και αυτός χρησιμοποιεί 128 χαρακτηριστικά, άρα τέθηκε στην μεταβλητή extended της συνάρτησης cv2.xfeatures2d_SURF.create() η τιμή 1.

Στην συνέχεια με τον ανιχνευτή που κατασκευάστηκε, παράχθηκαν τα keypoints και οι περιγραφείς (descriptors) για τις δύο εικόνες που έπαιρνε ως ορίσματα η συνάρτηση αυτή.

Οι μεταβλητές που περιείχαν τα keypoints της κάθε εικόνας, ήταν μια λίστα, όπου είχε:

- μήκος: (όσα και τα keypoints)

Επίσης για κάθε ένα keypoint που παραγόταν είχαμε μεταξύ άλλων και τις παρακάτω χρήσιμες πληροφορίες:

- angle: τον προσανατολισμό του
- octave: την κλίμακα στην οποία βρέθηκε
- pt: τις συντεταγμένες του (x,y) στην εικόνα

Όσον αφορά τους περιγραφείς (descriptors), αυτοί υπολογίστηκαν από τα παραπάνω keypoints. Για κάθε μια από τις δύο εικόνες της συνάρτησης, είχαμε έναν πίνακα, έναν πίνακα μεγέθους (αριθμός των keypoints, 128).

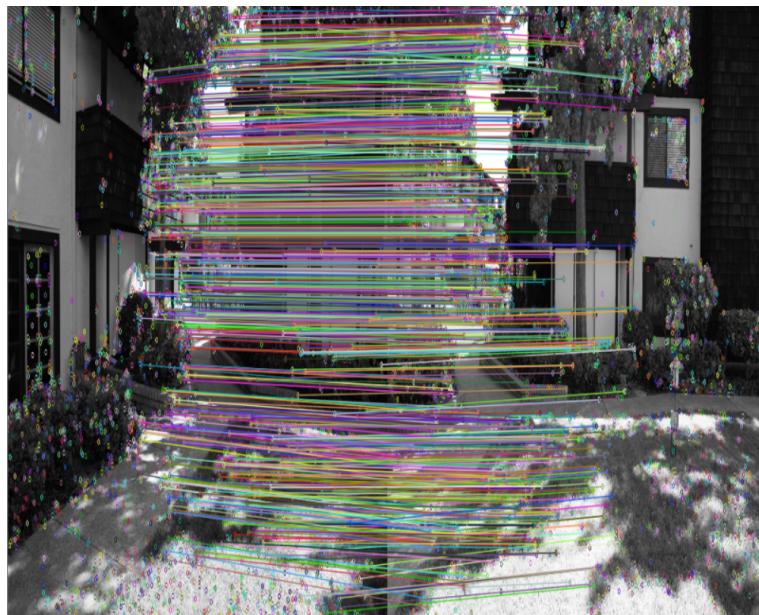
Τα ακόλουθα βήματα του αλγορίθμου SURF, ήταν ακριβώς ίδια με αυτά του αλγορίθμου SIFT.

Παρουσίαση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων των ενδιάμεσων βημάτων, συμπεριλαμβανομένων και των ταιριασμάτων (matches) που προέκυψαν μεταξύ των εικόνων.

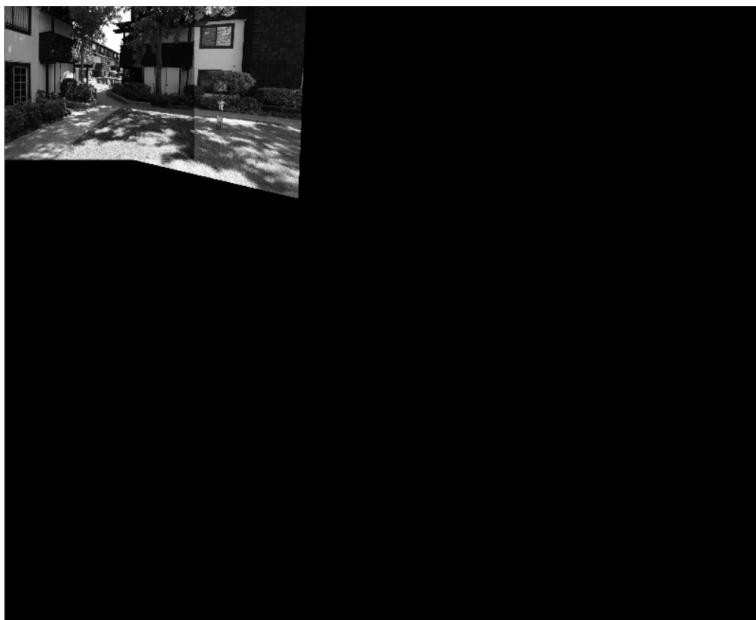
Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των ενδιάμεσων βημάτων της στρατηγικής που επιλέχθηκε για την παραγωγή εικόνων πανοράματος με τους ανιχνευτές SIFT και SURF.

Ενδιάμεσα αποτελέσματα του ανιχνευτή SIFT:

Τα matches της εικόνας 1 με την εικόνα 2:



Το επιμέρους πανόραμα της εικόνας 1 και της εικόνας 2:



Η εικόνα του επιμέρους πανοράματος σε εικόνα διαβάθμισης του γκρι:



Η εικόνα του επιμέρους πανοράματος σε δυαδική εικόνα :



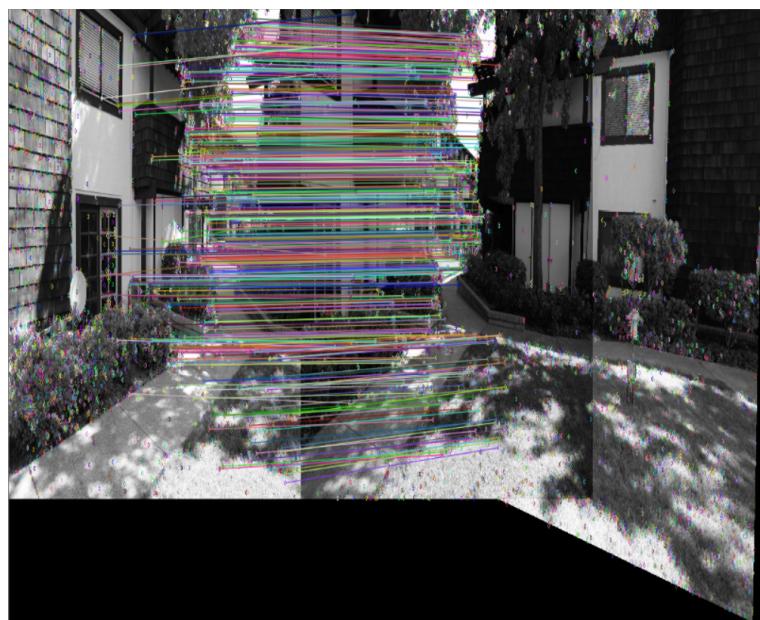
Η εικόνα του επιμέρους πανοράματος μετά την περικοπή:



Η εικόνα 3:



Τα matches της εικόνας του επιμέρους πανοράματος με την εικόνα 3:



Το επιμέρους πανόραμα της εικόνας του προηγούμενου επιμέρους πανοράματος και της εικόνας 3:



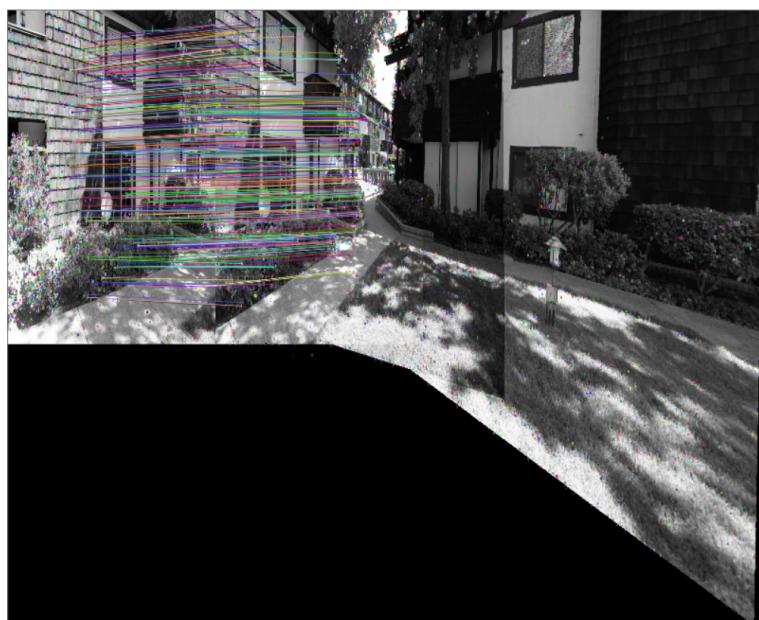
Η εικόνα του νεου επιμέρους πανοράματος μετά την περικοπή:



Η εικόνα 4:



Τα matches της εικόνας του νέου επιμέρους πανοράματος με την εικόνα 4:



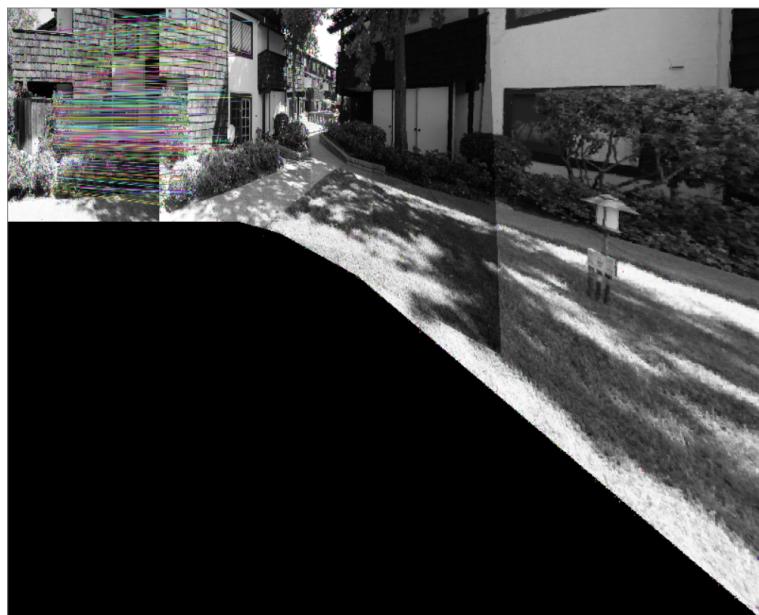
Το επιμέρους πανόραμα της εικόνας του προηγούμενου επιμέρους πανοράματος και της εικόνας 4:



Η εικόνα 5:



Τα matches της εικόνας του νέου επιμέρους πανοράματος με την εικόνα 5:

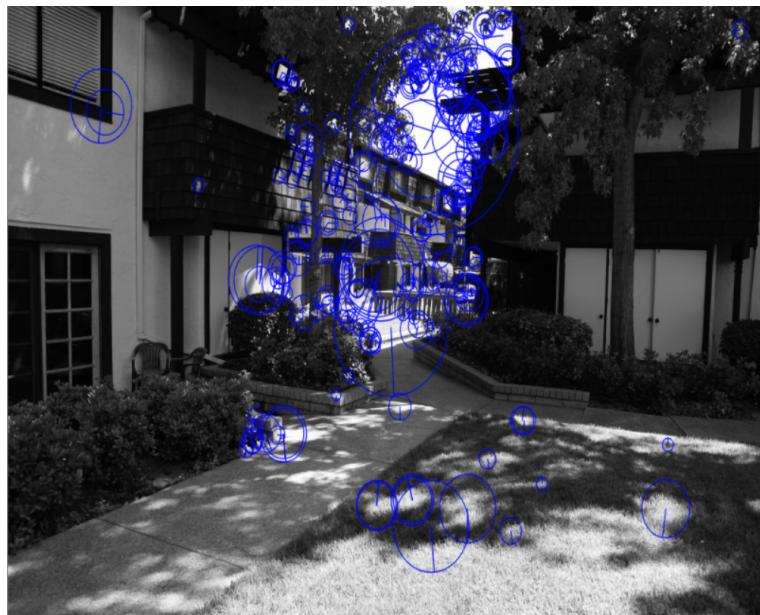


Το επιμέρους πανόραμα της εικόνας του προηγούμενου επιμέρους πανοράματος και της εικόνας 5 (τελικό πανόραμα):

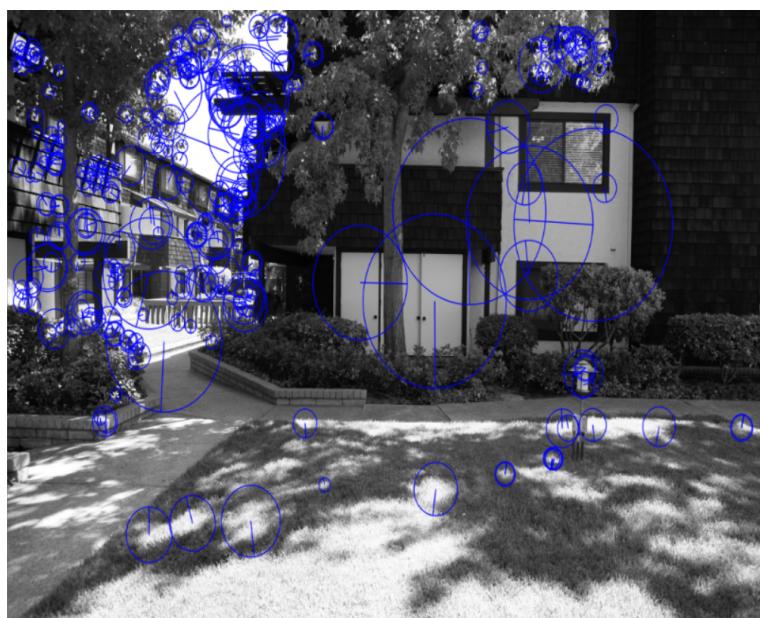


Ενδιάμεσα αποτελέσματα του ανιχνευτή SURF:

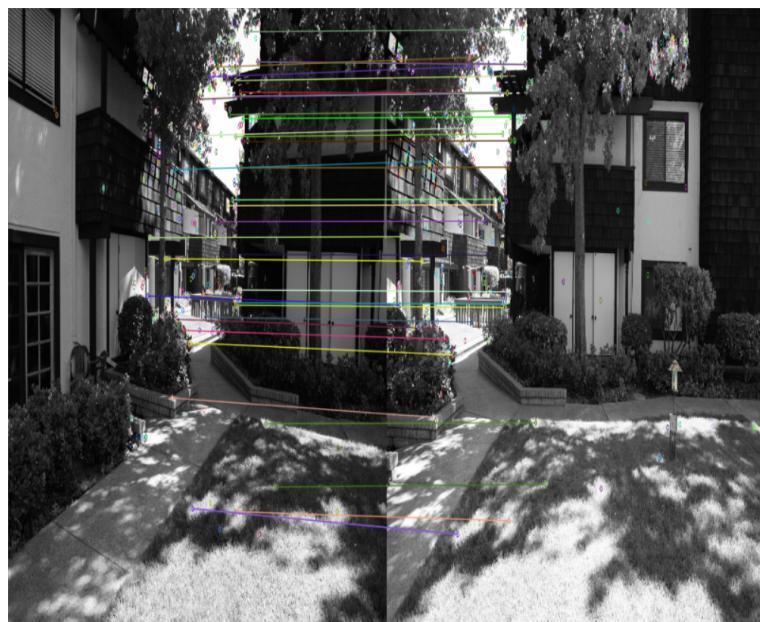
Τα keypoints της εικόνας 2 :



Τα keypoints της εικόνας 1 :



Η εικόνα με τα matches της εικόνας 1 με την εικόνα 2:



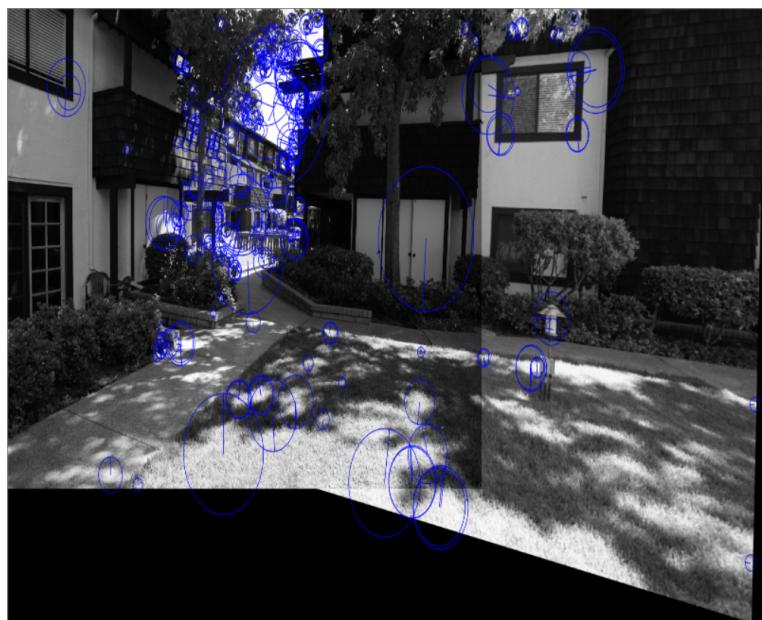
Το επιμέρους πανόραμα της εικόνας 1 με την εικόνα 2 :



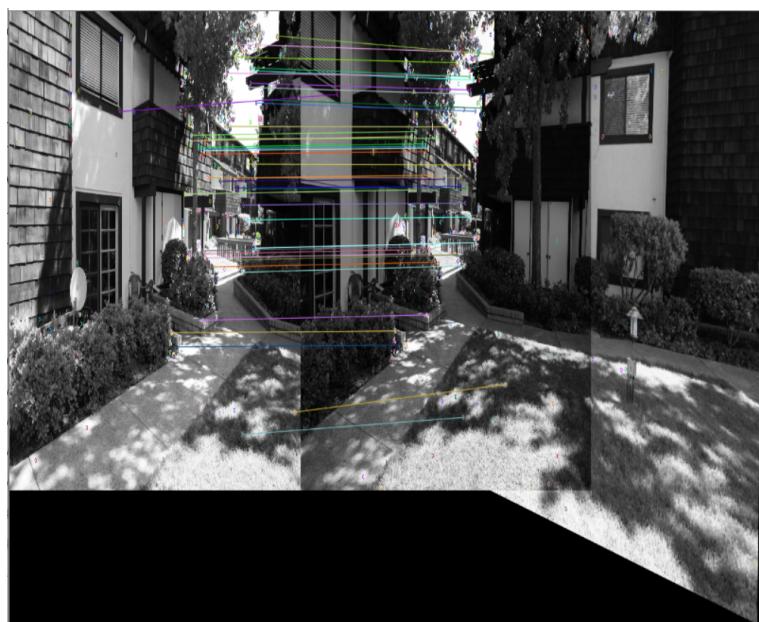
Τα keypoints της εικόνας 3 :



Τα keypoints της εικόνας του επιμέρους πανοράματος :



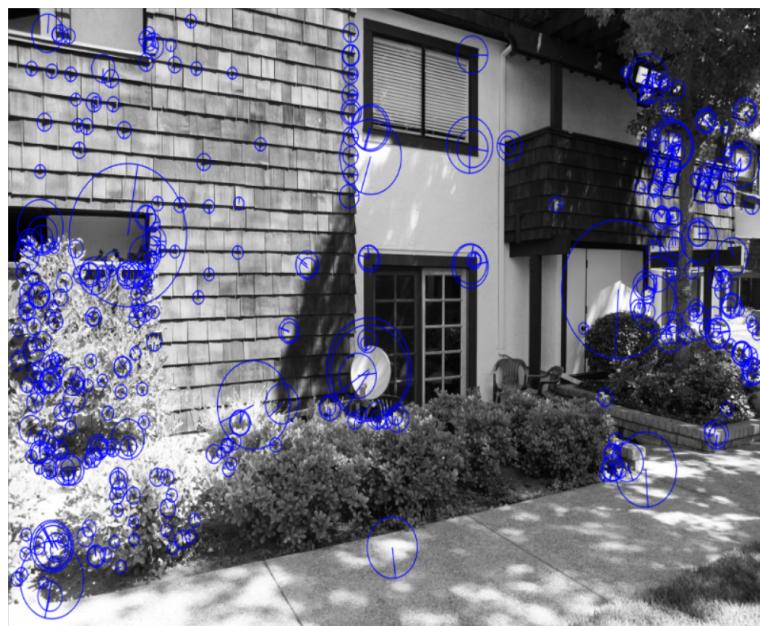
Η εικόνα με τα matches της εικόνας με το επιμέρους πανόραμα με την εικόνα 3:



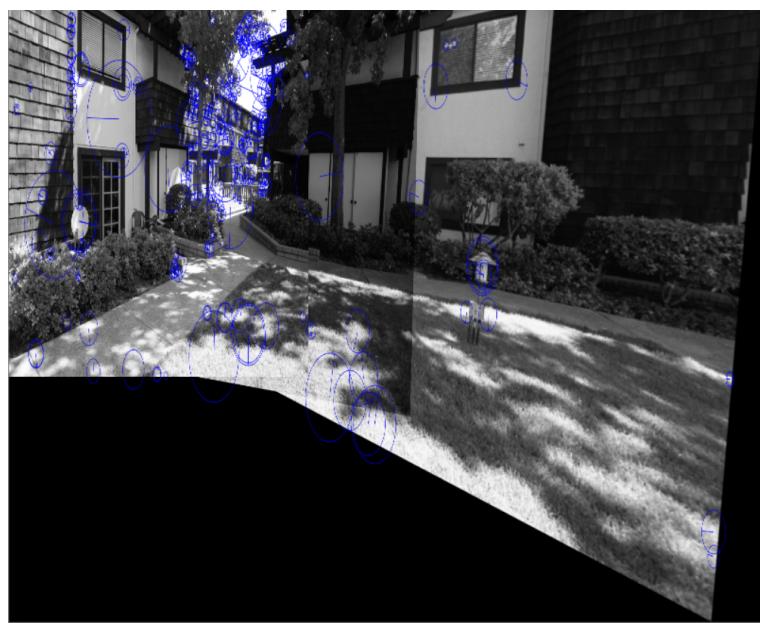
Το νέο επιμέρους πανόραμα της προηγούμενης εικόνας του επιμέρους πανοράματος με την εικόνα 3 :



Τα keypoints της εικόνας 4 :



Τα keypoints της εικόνας του επιμέρους πανοράματος :



Η εικόνα με τα matches της εικόνας με το επιμέρους πανόραμα με την εικόνα 4:



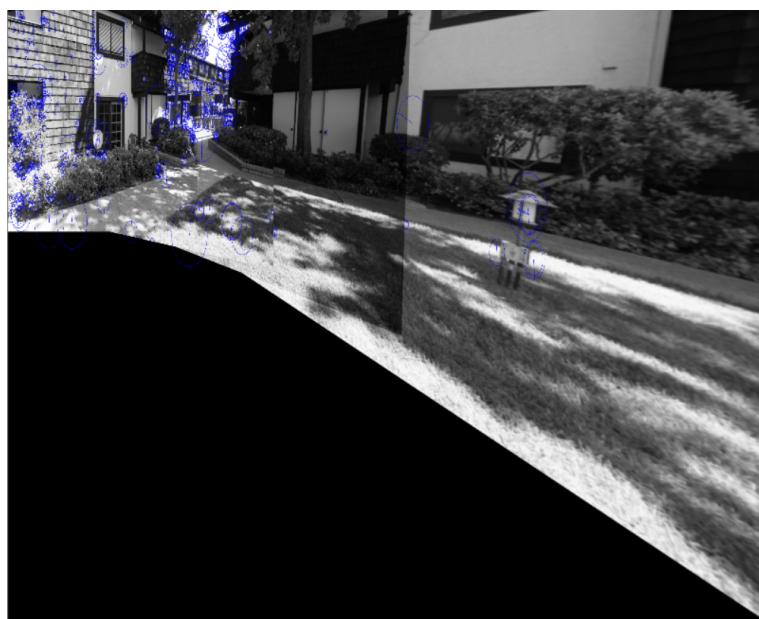
Το νέο επιμέρους πανόραμα της προηγούμενης εικόνας του επιμέρους πανοράματος με την εικόνα 4 :



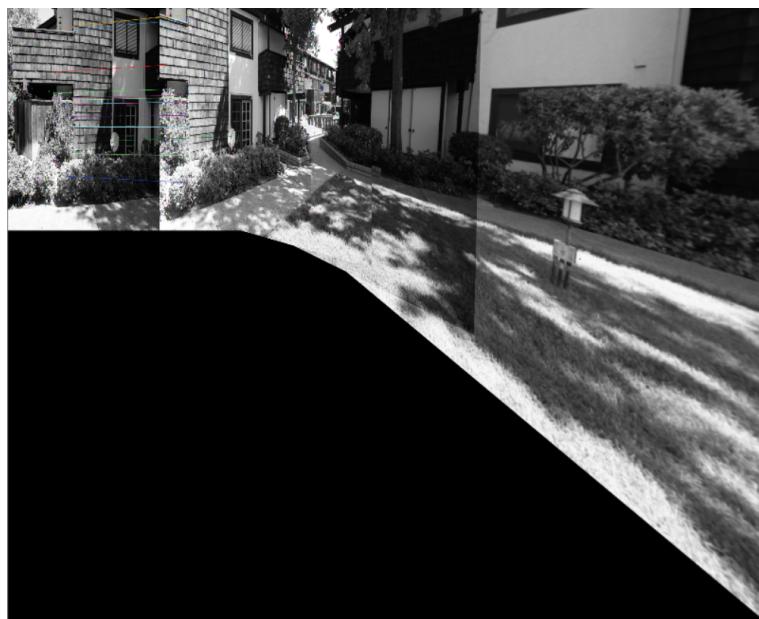
Τα keypoints της εικόνας 5 :



Τα keypoints της εικόνας του επιμέρους πανοράματος :



Η εικόνα με τα matches της εικόνας με το επιμέρους πανόραμα με την εικόνα 5:



Το νέο επιμέρους πανόραμα της προηγούμενης εικόνας του επιμέρους πανοράματος με την εικόνα 5 (τελικό πανόραμα) :



Παρουσίαση τελικών αποτελεσμάτων.

Αποτελέσματα του ανιχνευτή SIFT για τις εικόνες από τον φάκελο “yard-house”:



Αποτελέσματα του ανιχνευτή SURF για τις εικόνες από τον φάκελο
“yard-house”:



Αποτελέσματα της εφαρμογής Image Composite Editor για τις εικόνες από τον φάκελο “yard-house”:



Αποτελέσματα της εφαρμογής Image Composite Editor για τις εικόνες από τον φάκελο “my-images”:



Το παραπάνω πανόραμα προέκυψε από τις ακόλουθες εικόνες:

Εικόνα 1:



Εικόνα 2:



Εικόνα 3:



Εικόνα 4:



Σχολιασμός τελικών αποτελεσμάτων και δικαιολόγηση πιθανών αστοχιών της μεθοδολογίας

Σύγκριση αποτελεσμάτων των ανιχνευτών SIFT και SURF.

Τα αποτελέσματα του ανιχνευτή SIFT, είχαν μεγάλη εξάρτηση από την επιλογή του πλήθους των keypoints που επιλέχθηκαν. Επιλέχθηκε ένα μεγάλο πλήθος από Keypoints, με αποτέλεσμα η ταχύτητα εκτέλεσης του αλγορίθμου να είναι σχετικά μικρή, ωστόσο η ακρίβεια του να είναι σχετικά μεγάλη. Σε σχέση με τον SURF, ο SIFT είναι εξ'ορισμού πιο αργός, ωστόσο με την επιλογή αυτή του μεγάλου πλήθους από keypoints, κατάφερε να έχει καλύτερα αποτελέσματα (λιγότερα σημεία ασυνέχειας).

Ο αλγόριθμος SURF από την άλλη είχε μεγάλη εξάρτηση από την επιλογή του κατωφλίου Hessian, το οποίο με την σειρά του επηρέασε το πλήθος των keypoints που χρησιμοποιήθηκαν από τον αλγόριθμο για την παραγωγή του πανοράματος. Επιλέχθηκε ένα μεγάλο κατώφλι, το οποίο είχε ώς αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί ένας σχετικά μικρός αριθμός από keypoints. Ο αλγόριθμος SURF είναι εξ'ορισμού γρηγορότερος από τον SIFT και αυτό επιβεβαιώθηκε και στην πράξη.

Σύγκριση αποτελεσμάτων των ανιχνευτών SIFT και SURF με τα αποτελέσματα της εφαρμογής Image Composite Editor.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής Image Composite Editor, ήταν καλύτερα από τα αποτελέσματα των δύο αλγορίθμων.

Η αστοχία αυτή των αλγορίθμων ίσως είχε να κάνει με την τοποθέτηση των δύο κάθε φορά εικόνων στον διασιάστατο χώρο για την δημιουργία του πανοράματος, δηλαδή με τους μετασχηματισμούς. Ενδεχομένων εάν άλλαζε ο μετασχηματισμός, να είχαμε αλλαγή της προβολής της μιας εικόνας με την άλλη, έτσι ώστε το αποτέλεσμα τους να ήταν περισσότερο ευθυγραμμισμένο.