

Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας

Εργασία 3-Image Registration

Μιχάλης Δαδόπουλος ΑΕΜ:9989

Αρχικά διάβασα την εκφώνηση της εργασίας και αποφάσισα να την υλοποιήσω σε ρυθμό καθώς είμαι πιο εξοικειωμένος με αυτήν την γλώσσα. Ακόμα αποφάσισα να δουλέψω στο google colab καθώς μπορώ να ελέγχω την λειτουργία του κώδικα μου πιο εύκολα τρέχοντας κάποιο cell ,αποθηκεύοντας στο drive τυχόν αποτελέσματα και τιμές μεταβλητών ώστε να μπορώ να τα χρησιμοποιήσω αργότερα.κάθε φορά και όπου είχα ανεβασμένες τις εικόνες στο drive για να της χρησιμοποιώ σαν είσοδο. Το link της εργασίας στο colab είναι το εξής :

<https://colab.research.google.com/drive/1w2WonoWjyEaZ9XXiTq2to9HlgKxIsnQ0?usp=sharing> .

Αρχικά ξεκίνησα με την υλοποίηση του local descriptor όπου η υλοποίηση του δεν ήταν ιδιαίτερα περίπλοκη και δεν υπήρξαν προβλήματα ή bugs στον κώδικα καθώς δοκίμαζα διάφορες τιμές. Στην εκδοχή του upgraded local descriptor αποφάσισα ο νέος descriptor για κάθε ομμόκεντρο κύκλο εκτός από τον μέσο όρο των διανυσμάτων χρ να κρατάει και την τυπική απόκλιση και την μέγιστη τιμή κάθε διανύσματος. Δηλαδή με λίγα λόγια ο βελτιωμένος descriptor έχει τριπλάσιο μέγεθος.

Τα αποτελέσματα που ζητούνται από την υλοποίηση του local descriptor είναι τα παρακάτω για παραμέτρους $\rho_{hom}=5, \rho_{hoM}=20, \rho_{hostep}=1, N=8$ για την εικόνα 1:

Basic local descriptors for im1.png with rotation angle theta1=13
and theta2=37

```
[[154.125] [148.375]
[157.125] [148.125]
[156.625] [145.25]
[164.375] [143.625]
[166.5] [145.625]
[167.25] [147.625]
[161.625] [147.625]
[160.75] [149.125]
[157.75] [152.75]
[150.875] [151.625]
[138.75] [143.25]
[141.125] [140.   ]
[146.5] [142.75]
[143.375] [140.   ]
[138.   ] [128.375]
[134.625]] [121.625]]
```

Upgraded local descriptors for im1.png with rotation angle theta1=13
and theta2=37

```
[[[154.125   ] [[148.375   ]
[199.   ] [189.   ]
[ 33.15658871]] [ 30.89877627]]
[[157.125   ] [[148.125   ]
[209.   ] [183.   ]
[ 32.5823476]] [ 35.23293026]]
[[156.625   ] [[145.25   ]
[195.   ] [186.   ]
[ 30.80964743]] [ 39.66342774]]
[[164.375   ] [[143.625   ]
[189.   ] [192.   ]
[ 23.46240344]] [ 38.91316455]]
[[166.5   ] [[145.625   ]
[209.   ] [194.   ]
[ 24.77397828]] [ 34.27804509]]
[[167.25   ] [[147.625   ]
[206.   ] [197.   ]
[ 28.51205885]] [ 33.43253468]]
[[161.625   ] [[147.625   ]
[199.   ] [201.   ]
[ 27.08291666]] [ 32.22164451]]
[[160.75   ] [[149.125   ]
[208.   ] [203.   ]
[ 28.00334801]] [ 32.40153353]]
[[157.75   ] [[152.75   ]
[208.   ] [206.   ]
[ 29.92803869]] [ 31.95211261]]
[[150.875   ] [[151.625   ]
[191.   ] [211.   ]
[ 26.42649002]] [ 33.27888783]]
[[138.75   ] [[143.25   ]
[187.   ] [199.   ]
[ 30.11125205]] [ 31.94037414]]
[[141.125   ] [[140.   ]
[190.   ] [178.   ]
[ 28.58949763]] [ 23.86419913]]
[[146.5   ] [[142.75   ]
[197.   ] [175.   ]
[ 42.63801121]] [ 17.53389575]]
[[143.375   ] [[140.   ]
[194.   ] [177.   ]
[ 52.37828152]] [ 20.53046517]]
[[138.   ] [[128.375   ]
[206.   ] [179.   ]
[ 59.4264251]] [ 34.60468718]]
[[134.625   ] [[121.625   ]
[212.   ] [181.   ]
[ 60.04360395]]], [ 42.74323777]]]
```

Basic local descriptors for im1.png and points q1=[200,200] and q2=[202,202]

[[85.125]	
[82.875]	[[115.]]
[86.625]	[104.]]
[84.625]	[94.375]
[94.]]	[94.125]
[97.5]]	[92.875]
[91.625]	[83.25]]
[77.75]]	[74.5]]
[79.875]	[74.25]]
[80.625]	[76.625]
[82.25]]	[80.125]
[87.375]	[77.375]
[87.625]	[84.375]
[84.75]]	[86.125]
[83.25]]	[83.625]
[87.]]	[78.25]]
	[78.5]]

Upgraded local descriptors for im1.png and points q1=[200,200] and q2=[202,202]

[[85.125]]	[[115.]]
[125.]]	[191.]]
[27.77785764]]	[33.03407332]]
[[82.875]]	[104.]]
[126.]]	[165.]]
[32.60535807]]	[28.17356917]]
[[86.625]]	[[94.375]]
[124.]]	[125.]]
[31.88627252]]	[20.43243439]]
[[84.625]]	[[94.125]]
[117.]]	[132.]]
[33.26010185]]	[26.78823202]]
[[94.]]	[[92.875]]
[167.]]	[141.]]
[47.13279113]]	[32.79648419]]
[[97.5]]	[[83.25]]
[185.]]	[122.]]
[53.46961754]]	[29.54551573]]
[[91.625]]	[[74.5]]
[171.]]	[117.]]
[48.77483342]]	[35.03926369]]
[[77.75]]	[[74.25]]
[128.]]	[121.]]
[41.83524232]]	[40.38486722]]
[[79.875]]	[[76.625]]
[160.]]	[130.]]
[51.34792474]]	[45.44484982]]
[[80.625]]	[[80.125]]
[180.]]	[143.]]
[58.90869524]]	[50.68638254]]
[[82.25]]	[[77.375]]
[164.]]	[142.]]
[56.14879785]]	[52.43314195]]
[[87.375]]	[[84.375]]
[213.]]	[189.]]
[66.44346751]]	[66.88037362]]
[[87.625]]	[[86.125]]
[187.]]	[208.]]
[57.38888721]]	[77.5474653]]
[[84.75]]	[[83.625]]
[152.]]	[192.]]
[46.32966113]]	[73.61884524]]
[[83.25]]	[[78.25]]
[161.]]	[175.]]
[49.10384405]]	[65.77185948]]
[[87.]]	[[78.5]]
[170.]]	[170.]]
[56.99780698]]	[60.89950739]]

Το συμπέρασμα είναι πως για $N=8$ οι περιγραφείς δεν είναι τελείως ίδιοι για το ίδιο σημείο με διαφορετική γωνία περιστροφής, δηλαδή δεν είναι rotation invariant. Ωστόσο για μεγαλύτερο N οι περιγραφείς ταυτίζονται όλο και περισσότερο ανεξάρτητα από την γωνία περιστροφής. Επίσης για αρκετά γειτονικά pixel οι περιγραφείς του φαίνεται να διαφέρουν αρκετά.

Στην συνέχεια η υλοποίηση του Harris corner detector ήταν αρκετά πιο απαιτητική. Στην αρχή προσπάθησα να κατανοήσω περισσότερο την βασική ιδέα διαβάζοντας και το άρθρο της αναφοράς και άλλα χρήσιμα άρθρα που βρήκα στο ίντερνετ. Αφού υλοποίησα την συνάρτηση isCorner και δοκίμασα να δω ότι δουλεύει ξεκίνησα να υλοποιήσω την συνάρτηση myDetectHarrisFeatures όπου συνειδητοποίησα ότι αν καλώ την συνάρτηση isCorner μέσα σε αυτήν για κάθε pixel της εικόνας ο κώδικας θα τρέχει πολύ αργά. Στην αρχή είχα κάποια προβλήματα στον κώδικα και μου έπαιρνε πολύ ώρα να τρέξει η επέστρεφε υπερβολικά μεγάλο αριθμό pixel ως γωνίες. Το πρόβλημα ήταν ότι έπρεπε να κανονικοποιήσω την τιμή R στο εύρος 0-1 πριν εφαρμόσω το όριο R_{thres} . Επίσης σε αντίθεση με τον local descriptor φρόντισα ώστε να δουλεύει για όλα τα pixel της εικόνας ακόμα και στα όρια της.

Έπειτα υπολόγισα τις λίστες points1 και points2 όπου περιείχαν τους απλούς περιγραφείς κάθε γωνίας των εικόνων im1.png και im2.png αφού πρώτα εφαρμόσα non-maximum suppression στις γωνίες που βρήκα από την συνάρτηση myDetectHarrisFeatures προκειμένου να αποφύγω την επικάλυψη των γωνιών και να μειώσω σημαντικά το πλήθος τους και κατά συνέπεια τις πράξεις αργότερα για την επόμενη συνάρτηση. Υπολόγισα επίσης και τις λίστες points1ur points2ur που περιείχαν τους αναβαθμισμένους local descriptors αλλά δεν τους χρησιμοποίησα πουθενά αργότερα. Μετά υλοποίησα την συνάρτηση descriptorMatching όπου εφόσον κατανόησα την λειτουργία της δεν μου προκάλεσε προβλήματα στην υλοποίηση της και υπολόγισα έτσι την λίστα matchingPoints όπου περιείχε τους δείκτες των αντιστοιχισμένων ζευγών σημείων των 2 εικόνων στις λίστες points1 και points2 και αντίστοιχα στις λίστες newcorners1 και newcorners2.

Τέλος υλοποίησα την συνάρτηση myRANSAC όπου ήταν το πιο δύσκολο κομμάτι της εργασίας. Χρειάστηκε αρχικά αρκετό χρόνο να κατανοήσω τι ακριβώς ζητάει η εκφώνηση και γενικά την λειτουργία της RANSAC. Χρειάστηκε επίσης να υπολογίσω την λύση του συστήματος του μετασχηματισμού H που ορίζεται από 2 ζεύγη, όπου έκατσα και το έλυσα με το χέρι στο χαρτί :

$$p_2 = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} p_1 + \begin{bmatrix} dx \\ dy \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$p_4 = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} p_3 + \begin{bmatrix} dx \\ dy \end{bmatrix} \quad (2)$$

Έτσι έχω 4 εξισώσεις

$$\begin{aligned} p_{2x} &= \cos\theta p_{1x} - \sin\theta p_{1y} + dx \\ p_{2y} &= \sin\theta p_{1x} + \cos\theta p_{1y} + dy \\ p_{4x} &= \cos\theta p_{3x} - \sin\theta p_{3y} + dx \\ p_{4y} &= \sin\theta p_{3x} + \cos\theta p_{3y} + dy \end{aligned} \quad (3)$$

$$p_{2x} - p_{4x} = \cos\theta (p_{3x} - p_{1x}) - \sin\theta (p_{3y} - p_{1y}) \quad (4)$$

$$p_{2y} - p_{4y} = \sin\theta (p_{3x} - p_{1x}) + \cos\theta (p_{3y} - p_{1y}) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} A &= p_{3x} - p_{1x} \\ B &= p_{3y} - p_{1y} \\ C &= p_{2x} - p_{4x} \\ D &= p_{2y} - p_{4y} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} C = \cos\theta A - \sin\theta B \\ D = \sin\theta A + \cos\theta B \end{cases} \Rightarrow \sin\theta = \frac{A \cos\theta - C}{B} \quad (6)$$

$$D = \sin\theta A + \cos\theta B \quad (7)$$

$$(6) \Rightarrow D = \frac{A^2 \cos\theta - AC}{B} + B \cos\theta \Rightarrow \cos\theta BD = A^2 \cos\theta - AC + B^2 \cos\theta \Rightarrow$$

$$\cos\theta = \frac{BD + AC}{A^2 + B^2} \quad (8) \quad \theta = \cos^{-1} \frac{BD + AC}{A^2 + B^2} \quad (9)$$

$$H = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} p_1$$

Έτσι υπολογίζοντας την γωνία και την μετατόπιση του μετασχηματισμού για 2 τυχαία ζευγάρια υπολογίζοντας την ευκλείδεια απόσταση την ευκλείδεια απόσταση του μετασχηματισμένου σημείου της δεύτερης εικόνας με το αντίστοιχο σημείο που έχω στα ταιριασμένα ζευγάρια και προσθέτοντας τες για την δημιουργία ενός σκορ ως μέτρο σύγκρισης του κάθε παραμέτρων μετασχηματισμού κατάφερα να βρω τον μετασχηματισμό με το καλύτερο σκορ και αργότερα με την εφαρμογή ενός ορίου r για τις ευκλείδειες αποστάσεις που δημιουργούνται από αυτό το σκορ χώρισα τα ταιριασμένα ζευγάρια σε inliers και outliers. Ήθελε αρκετή ώρα να τρέξει ο αλγόριθμος ,περίπου 30 λεπτά. Τα αποτελέσματα είναι διάφορα για διαφορετικές τιμές του r ,όπου δεν είχα αρκετό χρόνο για να βρω την καλύτερη τιμή ή να πειραματιστώ τόσο και ούτε να εκτυπώσω τα σωστά αποτελέσματα για να δείξω τα σημεία στις 2 εικόνες.

Δυστυχώς επίσης δεν είχα τον χρόνο να υλοποιήσω την τελική συνάρτηση myStitch που λύνει το πραγματικό πρόβλημα και ενώνει τις 2 εικόνες.