

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΑΣΚΗΣΗ

ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΘΕΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΟΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΗΣ

Διδάσκων Εμμανουήλ Ψαράκης
Επικουρικό Έργο Βασιλείου Πέτρος
Πάτρα, Δεκέμβριος 2014

ΜΕΡΟΣ Α

1. Εισαγωγή

Για την υλοποίηση της άσκησης δίνονται ακολουθίες εικόνων `video1 low.avi`, `video1 high.avi` και `video2 low.avi`, `video2 high.avi` και το m-file "ecc lk alignment". Τα πλαίσια στα αρχεία `low.avi`, `high.avi` έχουν ανάλυση 64×64 και 256×256 εικονοστοιχεία αντίστοιχα και το μήκος κάθε ακολουθίας είναι 100 πλαίσια. Στο m-file "ecc lk alignment" υλοποιούνται δύο από τους βασικούς αλγορίθμους "στοίχισης ή ευθυγράμμισης" εικόνων και συγκεκριμένα ο αλγόριθμος "Enhanced Correlation Coefficient (ECC)" και ο αλγόριθμος των "Lucas Kanade (LK)".

2. Αλγόριθμοι Ευθυγράμμισης Εικόνων (Image Alignment)

Στο m-file "ecc lk alignment" υλοποιούνται δύο από τους βασικούς αλγορίθμους "στοίχισης" εικόνων και συγκεκριμένα ο αλγόριθμος "Enhanced Correlation Coefficient (ECC)" και ο αλγόριθμος των "Lucas Kanade (LK)".

1. Μελετήστε προσεκτικά τα ορίσματα εισόδου/εξόδου της συνάρτησης¹. Καλέστε την συνάρτηση, αφού εκχωρήσετε τιμές της αρεσκείας σας στα ορίσματα εισόδου. Παρατηρηρήστε τις γραφικές παραστάσεις² και τα GUI.

2. Εξετάστε διεξοδικά τις συναρτήσεις:

- `spatial interp.m`
- `image jacobian.m`
- `warp jacobian.m` και
- `param update.m`,

που καλούνται από τη βασική συνάρτηση και καταγράψτε την χρησιμότητά τους στην επίλυση του προβλήματος της ευθυγράμμισης.

3. Εξετάστε την απόδοση των αλγορίθμων στις ακόλουθες,

- Υψηλής και
- Χαμηλής ανάλυσης.

Για να εξετάσετε την απόδοση των αλγορίθμων σε "μεγάλες" γεωμετρικές παραμορφώσεις, δώστε ως `template` το πρώτο πλαίσιο μίας ακολουθίας της αρεσκείας

¹Σε όλες τις ακολουθίες εικόνων που σας δίνονται, οι γεωμετρικές παραμορφώσεις θα πρέπει να μοντελοποιηθούν από μετασχηματισμούς συγγένειας. Στο όρισμα εισόδου `delta p init` δώστε την τιμή `zeros(2,3)`

²Το Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) είναι μετρική που ορίζεται ως ακολούθως:

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \frac{N^2}{\text{MSE}},$$

όπου N το πλήθος των επιπέδων του γκρι που χρησιμοποιούνται στην εικόνα και MSE το μέσο τετραγωνικό σφάλμα.

σας, και ως image ένα πλαίσιο χρονικά αρκετά μεταγενέστερο³. Οργανώστε κατάλληλα πειράματα για κάθε μία από τις ακολουθίες που σας δίδονται, και καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας (γραφικές παραστάσεις με τις τιμές των ορισμάτων εξόδου) ως προς την σύγκλιση, την ταχύτητα σύγκλισης των αλγορίθμων και το μέγεθος των γεωμετρικών παραμορφώσεων.

4. Εξετάστε την απόδοση των αλγορίθμων ευθυγράμμισης στην ακρίβεια της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων των γεωμετρικών μετασχηματισμών καλώντας ακολουθιακά την συνάρτηση με διαδοχικά πλαίσια της ακολουθίας εικόνων, και κάνοντας γραφικές παραστάσεις του PSNR που επιτυγχάνουν οι αλγόριθμοι για κάθε ζεύγος εικόνων της ακολουθίας. Επαναλάβετε για όλες τις ακολουθίες που σας δίνονται και καταγράψτε τα συμπεράσματά σας.

5. Εξετάστε τη ρωμαλεότητα των αλγορίθμων ευθυγράμμισης στην παρουσία φωτομετρικών παραμορφώσεων. Για το σκοπό αυτό πριν καλέσετε την συνάρτηση ευθυγράμμισης παραμορφώστε φωτομετρικά το όρισμα

- εισόδου template
- εισόδου image
- και το template και το image.

Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας και τα συμπεράσματά σας για ένα σύνολο τιμών του contrast και της brightness της αρεσκείας σας.

6. Εξετάστε την απόδοση των αλγορίθμων στην παρουσία προσθετικού θορύβου, προσθέτοντας:

- Γκαουσιανό Θόρυβο $\mathcal{N}(0, \sigma^2)$, για $\sigma^2 = 4, 8, 12$ gray levels
- Ομοιόμορφο Θόρυβο $\mathcal{U}[-\alpha, \alpha]$, για $\alpha = 6^{\frac{1}{3}}, 12^{\frac{1}{3}}, 18^{\frac{1}{3}}$ gray levels,

στις προς ευθυγράμμιση εικόνες, πριν καλέσετε την συνάρτηση ευθυγράμμισης. Σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις επαναλάβετε τα πειράματά σας τουλάχιστον για 100 φορές και καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας και τα συμπεράσματά σας.

ΜΕΡΟΣ Β

1. Εισαγωγή

Για την υλοποίηση της άσκησης δίνονται οι εικόνες/ακολουθίες εικόνων img.mat, vid1.mat και vid2.mat και τα mdl αρχεία "empty", "shear", "geo affine", "geo projective", "corner detection" και "mosaic".

2. Απεικόνιση Εικόνας και Ακολουθίας Εικόνων (Video and Image Processing)

³Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική απόσταση δύο πλαισίων, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να είναι πιο "μεγάλη" η γεωμετρική παραμόρφωση.

Φορτώστε στο Simulink το αρχείο "empty.mdl", που σας δίνεται, και χρησιμοποιώντας τα blocks του Simulink:

- "Source/Image From Workspace"
- "Source/Video From Workspace" και
- "Sinks/Video Viewer"

απεικονίστε τα περιεχόμενα του αρχείου img.mat σε μορφή βίντεο και σε μορφή εικόνας. Αποθηκεύστε σε αρχεία mdl τα συστήματα που υλοποιήσατε.

3. Μετασχηματισμοί και Γεωμετρικές Παραμορφώσεις

1. Μετασχηματισμοί Συγγένειας (Affine)

Θεωρήστε μία περιοχή \mathcal{S} του \mathcal{R}^2 που οριοθετείται από μία πολυγωνική (κλειστή) ή μία ομαλή κλειστή καμπύλη. Θεωρήστε επίσης ότι $W : \mathcal{R}^2 \rightarrow \mathcal{R}^2$ ο μετασχηματισμός συγγένειας $W(\mathbf{x}) = A\mathbf{x} + \mathbf{t}$. Αποδείξτε ότι:

$$(\text{Εμβαδόν του } W(\mathcal{S})) = |\det(A)|(\text{Εμβαδόν του } \mathcal{S}),$$

όπου $\det(A)$ η ορίζουσα του μητρώου A . Τι συμβαίνει όταν $\det(A) < 0$.

2. Γεωμετρικοί Μετασχηματισμοί (Video and Image Processing Blockset)

Κατανοήστε τη χρησιμότητα και τη λειτουργία των blocks του Simulink:

- "Geometric Transformations/Resize"
- "Geometric Transformations/Translate"
- "Geometric Transformations/Rotate"
- "Geometric Transformations/Shear" και
- "Sources/Constant".

Για το σκοπό αυτό, φορτώστε το αρχείο "shear.mdl" στο Simulink και πειραματιστείτε. Τροποποιήστε κατάλληλα τις παραμέτρους του μοντέλου ώστε να επιτύχετε οριζόντια και κατακόρυφη Στρέβλωση κατά 20 pixels και κατά 40 pixels αντίστοιχα. Σχολιάστε τα αποτελέσματά σας.

Για καθένα από τα υπόλοιπα blocks δημιουργήστε ένα μοντέλο (και αποθηκεύστε το σε ένα mdl αρχείο) το οποίο θα επιφέρει τις επιθυμητές γεωμετρικές παραμορφώσεις.

3. Εφαρμογή Μετασχηματισμών Συγγένειας

Κατανοήστε τη χρησιμότητα και τη λειτουργία των blocks του Simulink:

- "Geometric Transformations/Apply Geometric Transformation" και
- "Sources/Constant"

που θα χρησιμοποιήσετε. Για το σκοπό αυτό, φορτώστε το αρχείο "geo affine.mdl" στο Simulink και πειραματιστείτε. Τροποποιήστε κατάλληλα τις παραμέτρους του μοντέλου και εφαρμόστε τον ακόλουθο μετασχηματισμό:

$$\begin{aligned}\hat{x} &= 0.8x + 0.1y + 10 \\ \hat{y} &= 0.2x + 0.9y + 5.\end{aligned}$$

Σχολιάστε την επίδραση του μετασχηματισμού.

4. Εφαρμογή Προβολικών Μετασχηματισμών.

Κατανοήστε τη χρησιμότητα και τη λειτουργία των blocks του Simulink:

- "Geometric Transformations/Projective Transformation" και
- "Sources/Constant"

που θα χρησιμοποιήσετε. Για το σκοπό αυτό, φορτώστε το αρχείο "geo projective.mdl" στο Simulink και πειραματιστείτε. Τροποποιήστε κατάλληλα τις παραμέτρους του μοντέλου και εφαρμόστε τους ακόλουθους προβολικούς μετασχηματισμούς:

$$P_1 = \begin{pmatrix} 10 & 50 & 20 \\ 330 & 325 & 190 \\ 70 & 10 & 1 \end{pmatrix},$$

$$P_2 = \begin{pmatrix} 325 & 190 & 70 \\ 10 & 10 & 50 \\ 20 & 330 & 1 \end{pmatrix},$$

και

$$\begin{aligned}\hat{x} &= \frac{0.53x - 0.27y + 100}{0.001x + 0.5} \\ \hat{y} &= \frac{0.53x + 0.53y - 100}{0.001x + 0.5}.\end{aligned}$$

Σχολιάστε την επίδραση καθενός μετασχηματισμού.

4. Ανίχνευση και Απεικόνιση Γωνιών σε Εικόνα

Φορτώστε το αρχείο "corner detection.mdl" στο περιβάλλον του Simulink. Κατανοήστε τη χρησιμότητα και τη λειτουργία του block "Analysis & Enhancement/Corner Detection" του Simulink στην ανίχνευση των γωνιών. Για την απεικόνισή τους να γίνει η χρήση του block "Text & Graphics/Draw Markers" και το συνολικό αποτέλεσμα να απεικονισθεί στην οθόνη χρησιμοποιώντας το κατάλληλο block ⁴.

Για την ανίχνευση των γωνιών να χρησιμοποιηθούν οι ανιχνευτές:

⁴Προσοχή το block Corner Detection, παίρνει σαν είσοδο το Intensity της εικόνας άρα θα πρέπει να γίνει μετατροπή μέσω του block "Conversions/Color space Conversion".

- των "Harris & Stephens"
- των "Rosen & Drummond" καθώς επίσης και
- των "Shi & Tomasi" .

Καταγράψτε τις βασικές διαφορές των παραπάνω ανιχνευτών και σχολιάστε την απόδοσή των.

5. Δημιουργία Μωσαϊκού από Ακολουθία Εικόνων

Για να δημιουργήσετε ένα σύστημα που παίρνει σαν είσοδο μια ακολουθία εικόνων και παράγει ένα μωσαϊκό, χρησιμοποιήστε το αρχείο "mosaic.mdl" του Simulink που σας δίνεται. Στο Σύστημα εκτός των blocks του Simulink:

- "Geometric Transformations/Apply Geometric Transformation"
- "Source/Video From Workspace"
- "Sinks/Video Viewer"
- "Analysis & Enhancement/Corner Detection" και
- "Text & Graphics/Draw Markers,

που συναντήσαμε σε προηγούμενες παραγράφους της άσκησης, εμπεριέχονται τα ακόλουθα βασικά blocks:

- **Corner Matching:** Το block αυτό αναλαμβάνει την ανίχνευση γωνιών στην ακολουθία εικόνων και την αποθήκευσή τους. Δέχεται στην είσοδό του το *intensity* της εκάστοτε εικόνας και τις θέσεις που εμφανίζονται γωνίες, και εξάγει δύο (2) σύνολα σημείων. Ένα για την τρέχουσα και ένα για την προηγούμενή της (καθώς και τον πληθάριθμο των συνόλων).
- **Estimate Geometric Transformation:** Στο block αυτό εκτιμούνται οι παράμετροι του γεωμετρικού μετασχηματισμού (Affine/Projective) που χρησιμοποιούμε για την μοντελοποίηση των γεωμετρικών παραμορφώσεων. Για την εκτίμηση των παραμέτρων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε:
 1. τον Random Sample Consensus (RANSAC) , είτε
 2. τον Least Median of Squares.
- **Trans Composition:** Το block αυτό υλοποιεί τη σύνθεση των γεωμετρικών παραμορφώσεων (Affine/Projective).
- **Image Stitching:** Το block αυτό υλοποιεί την συρραφή των διαδοχικών εικόνων ώστε να δημιουργηθεί το μωσαϊκό. Παίρνει σαν είσοδο την τρέχουσα εικόνα της ακολουθίας και εξάγει το μέχρι στιγμής μωσαϊκό.

Για καθένα από τα παραπάνω blocks, καταγράψτε τις βασικές διαδικασίες που υλοποιούν. Αναλύστε τους αλγορίθμους Random Sample Consensus (RANSAC) και Least Median of Squares, που αναφέρθηκαν παραπάνω. Καταγράψτε την επίδραση της επιλογής *Perform Additional Iterative Refinement of the Transformation Matrix* του block "Estimate Geometric Transformation", στην ποιότητα της εκτίμησης των τιμών των παραμέτρων του μετασχηματισμού.

Τροφοδοτήστε την είσοδο του συστήματος με :

1. την ακολουθία εικόνων (video) vid1, που σας δίνεται, χρησιμοποιώντας, διαδοχικά, για την μοντελοποίηση των Γεωμετρικών παραμορφώσεων:
 - Μετασχηματισμούς συγγένειας (Affine) και
 - Προβολικούς (Projective) Μετασχηματισμούς.
- Για κάθε μία από τις παραπάνω επιλογές, σχολιάστε εκτενώς τα αποτελέσματά σας.
2. την ακολουθία εικόνων (video) vid2, που σας δίνεται, χρησιμοποιώντας για την μοντελοποίηση των γεωμετρικών παραμορφώσεων μετασχηματισμούς συγγένειας. Τι παρατηρείτε; Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας. Γιατί, κατά τη γνώμη σας, συμβαίνει αυτό ⁵;
3. Επεξεργαστήτε (για το σκοπό αυτό, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την Matlab) κατάλληλα την ακολουθία εικόνων vid2 ώστε η συρραφή των εικόνων να γίνεται ορθά.

⁵Προσπαθήστε να εντοπίσετε τη βασική διαφορά των ακολουθιών vid1 και vid2.