

### Θέμα : Εκτίμηση Πεδίου Οπτικής Ροής (Optical Flow) με τη μέθοδο Lucas-Kanade

Σε αυτήν την εργασία χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Lucas-Kanade εκτιμήσαμε την οπτική ροή μεταξύ διαδοχικών εικόνων απο μια ακολουθία αυτών. Συγκεκριμένα το πεδίο οπτικής ροής  $-d$  εκτιμήθηκε με επαναληπτική μέθοδο ώστε να ελαχιστοποιείται το κριτήριο σφάλματος.

Ο βασικός σκοπός ήταν η δημιουργία συνάρτησης σε περιβάλλον MatLab η οποία δέχεται ως ορίσματα τις βασικές παραμέτρους και στην έξοδο επιστρέφει το  $d$ .

Τελικά με υλοποίηση των παραπάνω με τον ακριβή τρόπο που αναφέρεται στην εκφώνηση της άσκησης μπορούμε με δύο εικόνες να υπολογίσουμε την οπτική ροή και να την απεικονίσουμε ως διανυσματικό πεδίο, ή να απεικονίσουμε το μέτρο αυτής ως εικόνα.

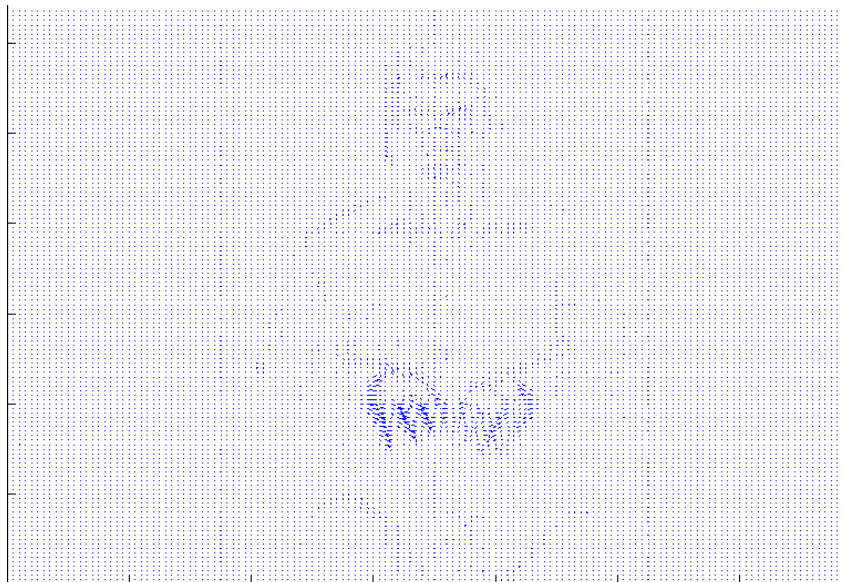


*Σχήμα 1 : Διαδοχικές εικόνες για εύρεση οπτικού πεδίου ροής*

Παρατηρώντας τις δύο παραπάνω εικόνες γίνεται αισθητή απο τον ανθρώπινο παρατηρητή η σχετική κίνηση των χεριών του υποκειμένου καθώς και μικρή κίνηση του κεφαλιού. Βέβαια η παρατήρηση αυτή είναι πιο εύκολη και ορθολογική όταν οι εικόνες αυτές εμφανίζονται διαδοχικά υπο τη μορφή βίντεο. Κάτι τέτοιο μπορείτε να παρατηρήσετε απο το εκτελέσιμο αρχείο του κώδικα που παραδώθηκε με την άσκηση αυτή. Το οπτικό πεδίο ροής  $d(x)=(d_x, d_y)$  που προκύπτει απ'αυτές θα πρέπει να είναι αυτό για το οποίο ισχύει οτι  $I_1(x+d)=I_2(x)$  . Λόγω της επαναληπτικής μεθόδου

επίλυσης του προβλήματος, όπου αρχικά με μια εκτίμηση του  $\mathbf{d}$  η εκτίμηση αυτή διορθώνεται κατά  $\mathbf{u}$ , δηλαδή για κάθε επανάληψη  $\mathbf{d}_{i+1} = \mathbf{d}_i + \mathbf{u}_i$  έχει μεγάλη σημασία ο αριθμός των επαναλήψεων καθώς και η αρχική εκτίμηση, αρχική τιμή, του  $\mathbf{d}$ . Στην περίπτωση μας ως αρχική εκτίμηση θεωρούμε την μηδενική δηλαδή ότι η εικόνα παραμένει ακίνητη.

Για τις παραπάνω εικόνες τελικά με χρήση Gaussian πυρήνα μεγέθους  $3 \times 3$  και  $\sigma = 1.5$  για τον υπολογισμό του  $\mathbf{u}$  καθώς και για  $m = 0.1$  μετά από 7 επαναλήψεις προκύπτει το παρακάτω πεδίο οπτικής ροής.



*Σχήμα 2 : Πεδίο οπτικής ροής των εικόνων του σχήματος 1*

Παρατηρούμε ότι το εμφανιζόμενο διανυσματικό πεδίο, το οποίο απεικονίζεται δειγματοληπτημένο χωρικά, είναι μια αρκετά καλή εκτίμηση της κίνησης που αντιλαμβάνεται κανείς από τις δυο εικόνες. Είναι εμφανής η κίνηση των χεριών και μερικώς του κεφαλιού. Το background παραμένει ακίνητο και εκεί όπως φαίνεται το πεδίο έχει μηδενική ένταση. Η εικόνα αυτή καθώς και όλες οι εικόνες των πεδίων οπτικής ροής είναι πιο εύκολα παρατηρήσιμες και υπό την μορφή βίντεο απεικονιζόμενες διαδοχικά στο πρόγραμμα που υλοποιήθηκε. Για καλύτερη εποπτεία παρουσιάζεται παρακάτω και η ένταση του πεδίου αυτού ως grayscale εικόνα.



*Σχήμα 3: Μέτρο της έντασης πεδίου οπτικής ροής*

Απο την παραπάνω εικόνα φαίνεται και επιβεβαιώνεται και το αναμενόμενο, το οτι δηλαδή η περιοχή των χεριών οπου υπάρχει και η πιο έντονη κίνηση φαίνεται αρκετά φωτεινή καθώς το πεδίο εκεί έχει μεγάλη ένταση. Το ίδιο ισχύει και για την περιοχή του κεφαλιού όπως εκτιμήσαμε οπτικά και στην αρχή ενώ το background που παραμένει ακίνητο φαίνεται με μαύρο χρώμα καθώς η ένταση του πεδίου εκεί είναι μηδενική.

Στη συνέχεια μπορούμε να κάνουμε δοκιμές για διαφορετικές τιμές των παραμέτρων και να παρατηρήσουμε τη διαφορά στα αποτελέσματα. Αρχικά ας δούμε τι συμβαίνει αν αλλάξουμε το πλήθος των επαναλήψεων στον αλγόριθμο Lucas-Kanade κατα τη εκτίμηση του οπτικού πεδίου  $d$ . Για καλύτερη εποπτεία θα εμφανίσουμε το συμπλήρωμα της εικόνας του μέτρου του οπτικού πεδίου ροής.



*Σχήμα 4: Εμφάνιση του μέτρου του  $d$  για μια ,τέσσερις και οχτώ επαναλήψεις αντίστοιχα*

Παρατηρούμε οτι ακόμα και για μια επανάληψη το οπτικό πεδίο φαίνεται να υπολογίζεται αρκετά καλά για το δεδομένο ζεύγος εικόνων. Συγκεκριμένα για τις εικόνες αυτές οπου η ανάλυση δεν είναι αρκετά μεγάλη παρατηρήθηκε οτι η σύγκλιση ήταν αρκετά γρήγορη, καθώς η σχετική μετακίνηση του κάθε pixel ήταν ανεκτή. Τα αποτελέσματα θα ήταν διαφορετικά για εικόνα μεγαλύτερης ανάλυσης οπου εκεί η πολυκλιμακωτή ανάλυση θα ήταν σχεδόν απαραίτητη.



*Σχήμα 5 : Ζoom στην περιοχή των χεριών για μια (αριστερά) και δέκα (δεξιά) επαναλήψεις*

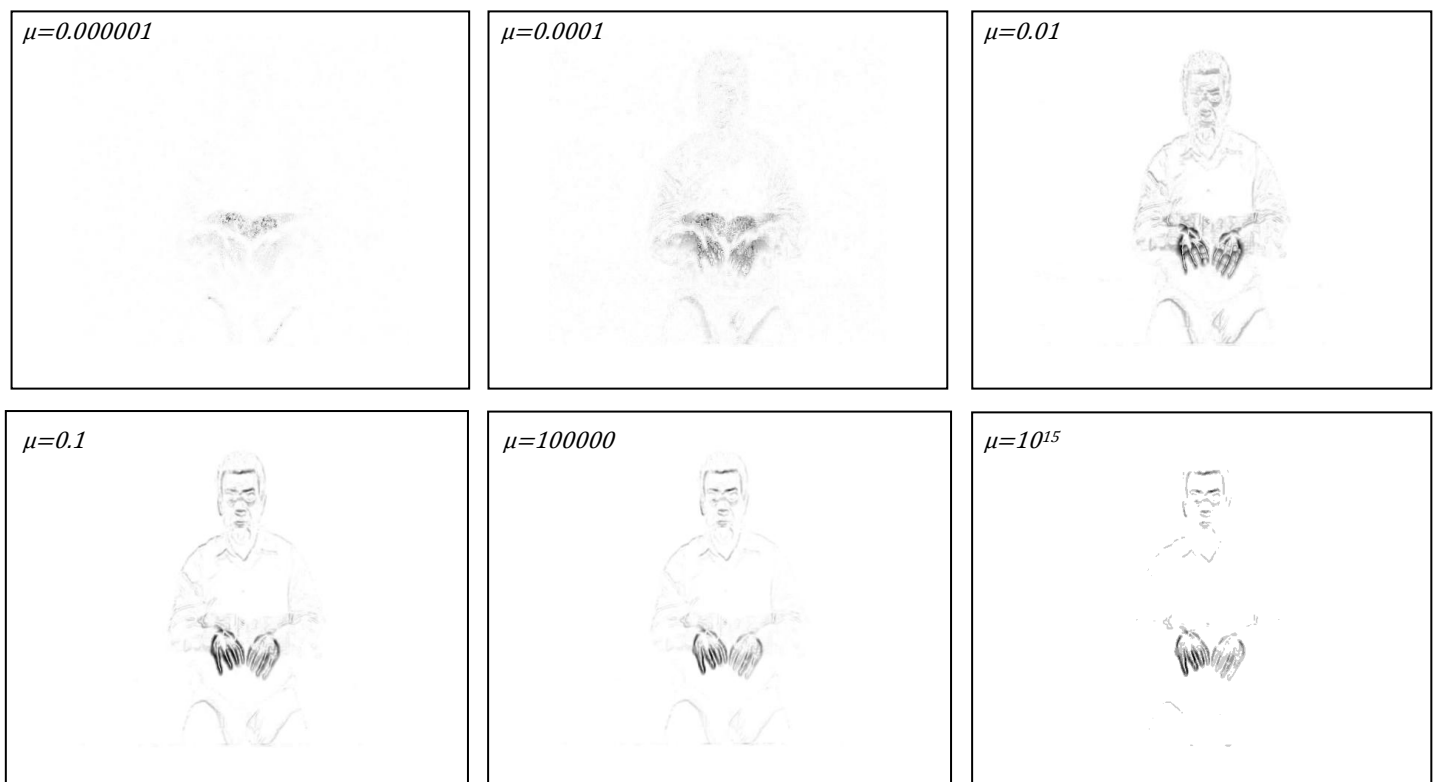
Ακόμα και μετά απο μεγέθυνση της εικόνας στην περιοχή των χεριών η διαφορά μεταξύ της μιας επανάληψης και των δέκα επαναλήψεων της μεθόδου εκτίμησης του πεδίου είναι σχετικά μικρή.

Έπειτα μπορούμε να παρατηρήσουμε τις διαφορές ανάλογα με τις τιμές του  $\sigma$  της γκαουσιανής που χρησιμοποιούμε κατά τον υπολογισμό του  $u$  καθώς και του  $\mu$ . Θα παρατηρήσουμε εδώ την περιοχή των χεριών για καλύτερη εποπτεία κατά τη μεταβολή της απόκλισης της γκαουσιανής.



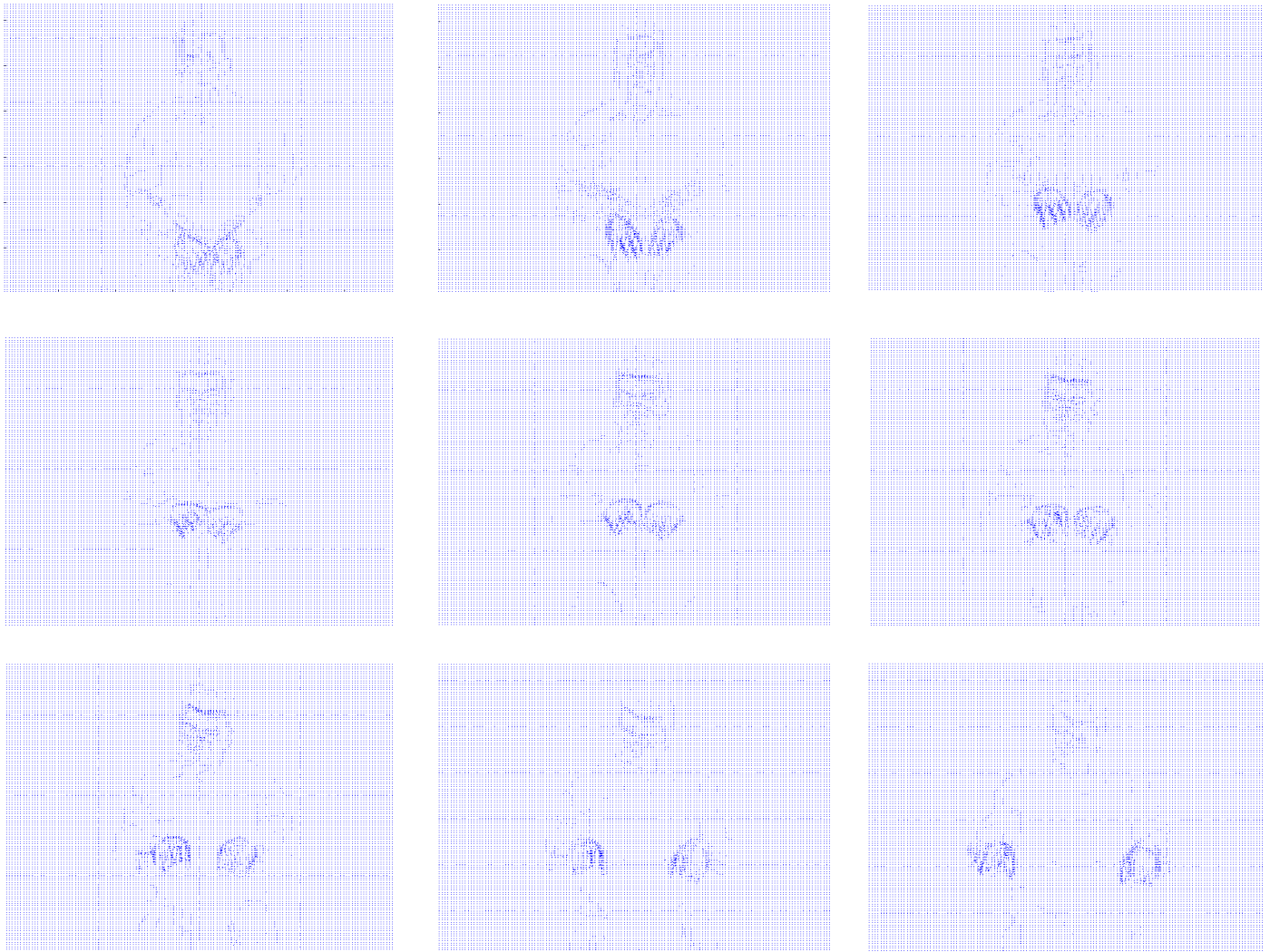
Σχήμα 6: Εκτίμηση μετά από 10 επαναλήψεις και  $\rho=0.001$  (αριστερά) και  $\rho=1.5$  (δεξιά)

Είναι φανερό ότι με χρήση μικρής τυπικής απόκλισης του γκαουσιανού πυρήνα που χρησιμοποιούμε για την συνέλιξη με τα γινόμενα των μερικών παραγώγων προς υπολογισμό του πεδίου οπτικής ροής, το αποτέλεσμα δεν είναι ομαλοποιημένο και εμφανίζονται μεγάλες ασυνέχειες ή πιο σωστά απότομες αλλαγές. Ας δούμε τώρα και τις αλλαγές που προκύπτουν για διαφορετικές τιμές του  $\mu$ .



Σχήμα 7: Εμφάνιση του μέτρου του οπτικού πεδίου για διαφορετικές τιμές του  $\mu$

Βλέπουμε ότι το αποτέλεσμα διαφέρει κατα πολύ αλλάζοντας την τιμή του  $\mu$ , και συγκεκριμένα για πολύ μικρές τιμές τα αποτελέσματα δίνουν μια γενική μορφή του πεδίου ενώ καθώς το  $\mu$  αυξάνει η μορφή αυτή γίνεται πιο συγκεκριμένη. Ωστόσο πάνω απο μια τιμή αρχίζει να υπάρχει αλλοίωση.



Παραπάνω φαίνεται μια ακολουθία του διανυσματικού πεδίου οπτικής ροής για τις πρώτες 10 εικόνες. Στον κώδικα της άσκησης εκτος απο τη συνάρτηση LucasKanade θα βρείτε και το εκτελέσιμο αρχείο askisi3 το οποίο υπολογίζει και εμφανίζει το οπτικό πεδίο ροής όλης της ακολουθίας εικόνων. Λόγω του μεγάλου πλήθους εικόνων και υπολογισμών θα χρειαστεί περίπου 1 λεπτό για την απεικόνιση του πεδίου και των 43 εικόνων καθώς έχει επιλεγεί η εμφάνιση να γίνεται διαδοχικά μετα απο τους υπολογισμούς ωστε να δημιουργείται η αίσθηση του μεταβαλλόμενου πεδίου.