

# Υπολογιστική Όραση (ΜΥΕ046)

## 3η σειρά ασκήσεων

Ακαδημαϊκό έτος: 2018-2019  
Διδάσκων: Γιώργος Σφήκας

Ημερομηνία παράδοσης: 30 Μαΐου 2019

Λύστε τις 2 από τις 3 πρώτες ασκήσεις. Η 4η άσκηση είναι προαιρετική και λειτουργεί σαν bonus - θα σας δώσει +0.5 στην τελική βαθμολογία.

### Άσκηση 1

(I) Να υπολογίσετε το  $I(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t)$  χρησιμοποιώντας το ανάπτυγμα Taylor 2ου βαθμού (δηλαδή το ανάπτυγμα να περιλαμβάνει μέχρι και δεύτερες παραγώγους το πολύ) της συνάρτησης:

$$I(x, y, t) = 5x^2 + xy + yt \quad (1)$$

Να γράψετε το ανάπτυγμα με δύο τρόπους: α) Εκφράζοντάς το χρησιμοποιώντας αναπαράσταση των παραγώγων σαν διάνυσμα (για τις 1ες παραγώγους) και σαν πίνακα (για τις 2ες παραγώγους). β) Εκφράζοντάς το χωρίς να χρησιμοποιήσετε αναπαράσταση με διάνυσμα και πίνακα.

(II) Έστω ζεύγος καμερών για το οποίο δίνεται ο παρακάτω Fundamental matrix:

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Θεωρούμε σημειακό αντικείμενο  $P$  το οποίο στην αριστερή κάμερα προβάλλεται στο σημείο  $p_L = (1, 2)$  στο επίπεδο της εικόνας. Γνωρίζοντας μόνο το  $p_L$  και τον  $F$ , τι μπορούμε να πούμε για το σημείο που προβάλλεται το  $P$  στην άλλη κάμερα;

### Άσκηση 2

Δίνεται ψηφιακή εικόνα, η οποία αναπαρίσταται από τον παρακάτω πίνακα, στην οποία θέλουμε να εντοπίσουμε χαρακτηριστικά σημεία.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{10} & 8 & 9 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 10 & 9 & 10 & 9 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 9 & 10 & \underline{11} & 9 & 10 & \underline{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{10} & 8 & 9 & 10 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 9 & 10 & 10 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 14 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{0} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ζητείται να ελέγξετε για το αν είναι χαρακτηριστικά σημεία, τα πέντε σημεία που φαίνονται υπογραμμισμένα στην εικόνα. Ακολουθώντας τον αλγόριθμο Harris, υπολογίστε πρώτα τους αντίστοιχους πίνακες αυτοσυσχέτισης (autocorrelation) για γειτονιές  $3 \times 3$  γύρω από κάθε σημείο. Για να ζυγίσετε κάθε όρο των αθροισμάτων που απαιτούνται για τον υπολογισμό του πίνακα αυτοσυσχέτισης, χρησιμοποιείτε τον παρακάτω πυρήνα:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0.5 & 0 \\ 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0 & 0.5 & 0 \end{bmatrix}$$

Δηλαδή θα πρέπει το κεντρικό σημείο στο κάθε παράθυρο να ζυγιστεί με 1, τα πάνω-κάτω-αριστερά-δεξιά με 0.5, και τα διαγώνια με 0.

Να χρησιμοποιήσετε τα φίλτρα Sobel (οριζόντιο - κατακόρυφο) για να υπολογίσετε τις παραγώγους που απαιτούνται (στις σημειώσεις/διαφάνειες, π.χ. η παράγωγος κατά  $x$  σημειώνεται σαν  $I_x$  ή  $\nabla_x I$  ή  $\partial I / \partial x$ ).

Αφού υπολογίσετε τους απαιτούμενους πίνακες για κάθε σημείο, υπολογίστε τις ιδιοτιμές του κάθε πίνακα. Τι μπορείτε να σχολιάσετε για το αποτέλεσμα, για κάθε σημείο ξεχωριστά;

Με βάση τις ιδιοτιμές που θα υπολογίσετε, αποφασίστε αν το κάθε ένα από αυτά τα σημεία μπορεί να θεωρηθεί χαρακτηριστικό σημείο ή όχι. Να χρησιμοποιήσετε το παρακάτω αντικειμενικό κριτήριο:

$$\lambda_1 \lambda_2 - 0.1(\lambda_1 + \lambda_2)^2 > 1000, \quad (2)$$

το οποίο αν πληρείται σημαίνει ότι το αντίστοιχο σημείο είναι χαρακτηριστικό.

### Άσκηση 3

(I) 3Δ Γεωμετρικοί μετασχηματισμοί. (α) Να γράψετε σε μορφή πίνακα τον 3Δ γεωμετρικό μετασχηματισμό με τον οποίο: κλιμακώνουμε  $2x$  ως προς όλους τους άξονες και μετά μετατοπίζουμε κατά  $(1, 0, -1)$ .

(β) Να γράψετε σε μορφή πίνακα τον 3Δ γεωμετρικό μετασχηματισμό με τον οποίο: μετατοπίζουμε κατά  $(1, 0, -1)$  και μετά κλιμακώνουμε  $2x$  ως προς όλους τους άξονες.

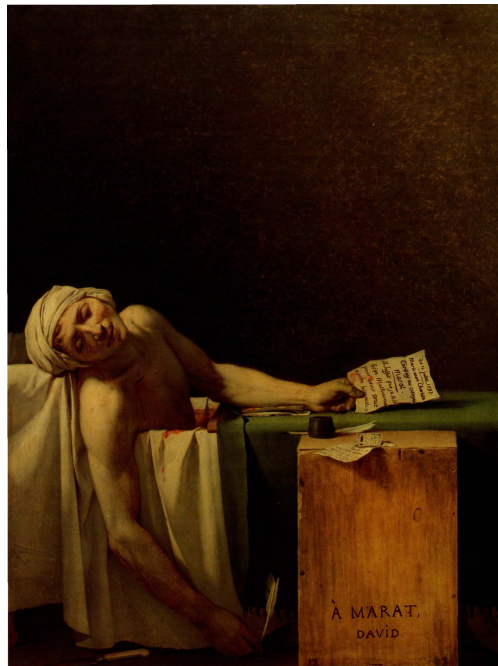
(γ) Χρησιμοποιήστε τους πίνακες που υπολογίσατε παραπάνω για να μετασχηματίσετε το σημείο  $(0, 0, 1)$ .

(II) (α) Τι είναι εγγενείς (intrinsic) και τι εξωγενείς (extrinsic) παράμετροι μιας κάμερας; Να δώσετε ένα παράδειγμα για τον κάθε τύπο παραμέτρων. Πώς αποτυπώνονται στον camera matrix;

(β) Έστω κάμερα με το παρακάτω camera matrix:

$$C = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Να υπολογίσετε που προβάλλονται στο επίπεδο της εικόνας τα παρακάτω σημεία:  $(0, 5, 5)$ ,  $(3, 2, 1)$ ,  $(0, 0, 0)$ .



Εικ 1: "La mort de Marat" (Νταβίντ, 1793): Εικόνα που θα χρησιμοποιήσετε για την άσκηση 4.

## Άσκηση 4 (bonus)

Γράψτε κώδικα σε python που να δέχεται σαν είσοδο εικόνα και τέσσερα σημεία (τις συντεταγμένες τους). Αυτά τα σημεία θα πρέπει να αντιστοιχούν στις κορυφές ορθογώνιου που ορίζουν τα όρια μιας δεύτερης εικόνας, η οποία θα είναι η έξοδος του προγράμματος. Η δεύτερη εικόνα πρέπει να έχει συγκεκριμένο σταθερό μέγεθος που θα ορίσετε εσείς κατά την χρήση σας στον κώδικά σας.

Χρησιμοποιώντας σαν δεδομένο ότι ταιριάζουν τα σημεία που δίνετε σαν είσοδο στα σημεία-όρια της εικόνας εξόδου, υπολογίστε κατάλληλο αφινικό μετασχηματισμό. Χρησιμοποιήστε τον μετασχηματισμό που θα υπολογίσετε την εικόνα εξόδου. Χρησιμοποιήστε το μετασχηματισμένο πλέγμα pixels της αρχικής εικόνας για να δώσετε τιμές στο πλέγμα pixels της εικόνας εξόδου. Στην εικόνα εξόδου το κάθε pixel αρκεί να πάρει τιμές από το κοντινότερο μετασχηματισμένο pixel (η παρεμβολή 'κοντινότερου γείτονα' στην βιβλιογραφία).

Παραδοτέο είναι κώδικας σε python και jupyter notebook όπου θα φαίνεται η χρήση του κώδικά σας. Χρησιμοποιήστε τον για να 'εξάγετε' λεπτομέρεια από την εικόνα 1 ([https://www.devoir-de-philosophie.com/images\\_dissertations/170240.jpg](https://www.devoir-de-philosophie.com/images_dissertations/170240.jpg)): το σημείωμα που φαίνεται να κρατάει ο Μαρά.

## Τρόπος παράδοσης

Αυτή η σειρά ασκήσεων είναι ατομική - πρέπει να την δουλέψετε ο καθένας σας ξεχωριστά και χωρίς μεταξύ σας συνεργασία.

Οι τρεις πρώτες ασκήσεις πρέπει να παραδοθούν σαν ξεχωριστά αρχείο pdf. Λύστε τις ασκήσεις χωρίς χρήση υπολογιστή (εκτός φυσικά από την 4η).

Αυτή η σειρά ασκήσεων, όπως όλες, πρέπει να παραδοθούν μέσω github classroom. Αφού κάνετε λογαριασμό στο github αν δεν έχετε ήδη, ακολουθήστε το link που σας έχω στείλει στο ecourse για να παραδώσετε την άσκηση. Εκτός των ζητούμενων των ασκήσεων, στο repository που θα παραδώσετε να περιλαμβάνετε αρχείο README.md στο οποίο να αναφέρετε το ονοματεπώνυμό σας, αριθμό μητρώου, email και εξάμηνο φοίτησης.