

Γραφική με Υπολογιστές 2020

Εργασία #1: Πλήρωση Τριγώνων

Ζητούμενα

A. Συναρτήσεις Πλήρωσης Τριγώνων

Σκοπός της εργασίας είναι η υλοποίηση ενός αλγορίθμου πλήρωσης τριγώνων με βάση τον αλγόριθμο πλήρωσης πολυγώνων που περιγράφεται στις σημειώσεις. Αφού προσαρμόσετε κατάλληλα των αλγόριθμο των σημειώσεων ώστε να χειρίζεται την ειδική περίπτωση των τριγώνων εξετάστε τις δύο διαφορετικές εκδοχές απόδοσης χρώματος που περιγράφονται στη συνέχεια.

Έστω τρίγωνο που ορίζεται από κορυφές με ακέραιες συντεταγμένες. Υποθέστε καμβά διάστασης $M \times N$. Δημιουργήστε τις συναρτήσεις,

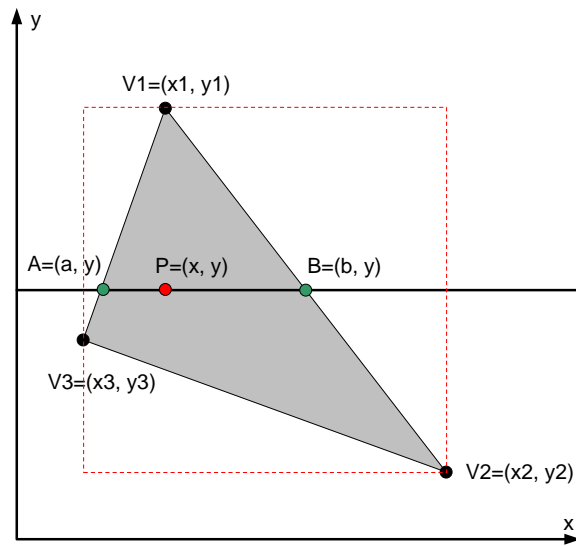
$$Y = triPaintFlat(X, V, C)$$

$$Y = triPaintGouraud(X, V, C)$$

Όπου:

- X είναι η εικόνα (πίνακας διάστασης $M \times N \times 3$) με τυχόν προϋπάρχοντα τρίγωνα.
- V είναι ακέραιος πίνακας διάστασης 3×2 που σε κάθε γραμμή περιέχει τις δισδιάστατες συντεταγμένες μιας κορυφής του τριγώνου.
- C είναι πίνακας διάστασης 3×3 που σε κάθε γραμμή περιέχει το χρώμα μιας κορυφής του τριγώνου σε μορφή RGB (με τιμές στο διάστημα $[0, 1]$).
- Y είναι πίνακας διάστασης $M \times N \times 3$ που για όλα σημεία του τριγώνου περιέχει τις υπολογισμένες χρωματικές συνιστώσες (R_i, G_i, B_i) καθώς και τα προϋπάρχοντα τρίγωνα της εισόδου X (επικαλύπτοντας τυχόν κοινά χρωματισμένα σημεία που προϋπήρχαν από την πλήρωση άλλων τριγώνων).

Οι συναρτήσεις `triPaint` υλοποιούν 2 παραλλαγές του αλγορίθμου πλήρωσης τριγώνων. Η διαφορά τους έγκειται στον τρόπο υπολογισμού του χρώματος του τριγώνου.



Σχήμα 1: Παράδειγμα χρωματισμού

Υλοποίηση triPaintFlat

Η triPaintFlat θα αποδίδει σε κάθε τρίγωνο ένα μοναδικό χρώμα. Συγκεκριμένα, κάθε τρίγωνο θα χρωματίζεται με το χρώμα που προκύπτει ως το κέντρο βάρους (μέσος όρος) του χρώματος των κορυφών του.

Υλοποίηση triPaintGouraud

Η triPaintGouraud θα υπολογίζει το χρώμα των σημείων του τριγώνου με γραμμική παρεμβολή από το χρώμα των κορυφών του. Συγκεκριμένα, για το χρωματισμό του τριγώνου, με αναφορά στα σημεία του σχήματος 1, πρώτα θα υπολογίζεται το χρώμα στις θέσεις A, B με γραμμική παρεμβολή από το χρώμα των κορυφών $V_1 V_3$ και $V_1 V_2$ αντίστοιχα. Η πρώτη αυτή φάση θα υλοποιείται μια φορά για κάθε scanline y .

Έστω CA και CB οι αντίστοιχες χρωματικές συνιστώσες των σημείων αυτών.

Σε δεύτερη φάση, για κάθε σημείο $P = (x, y)$ του τριγώνου που ανήκει στο τρέχον scanline y θα υλοποιήσετε την συνάρτηση $colorInterp()$ που θα υπολογίζει το χρώμα στο σημείο P με γραμμική παρεμβολή στα χρώματα των A, B :

$$color = colorInterp(A, B, a, b, x)$$

Όπου:

- x είναι η τετμημένη του εσωτερικού σημείου προς χρωματισμό.
- a και b είναι οι τετμημένες των ενεργών οριακών σημείων του τρέχοντος scanline.
- A και B είναι οι αντίστοιχες χρωματικές συνιστώσες των ενεργών οριακών σημείων.

B. Συναρτήση χρωματισμού αντικειμένου

Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση:

$$I = \text{paintObject}(V, F, C, D, \text{painter})$$

Όπου:

- I είναι έγχρωμη εικόνα διάστασης $M \times N \times 3$. Η εικόνα θα περιέχει K χρωματισμένα τρίγωνα τα οποία σχηματίζουν την προβολή ενός 3D αντικειμένου στις 2 διαστάσεις.
- V είναι ο πίνακας με τις κορυφές των τριγώνων της εικόνας. Ο πίνακας V είναι διάστασης $L \times 2$ και περιέχει τις συντεταγμένες ενός πλήθους L κορυφών. Για απλούστευση υποθέστε ότι όλες βρίσκονται εντός του καμβά.
- F είναι ο πίνακας που περιέχει τις κορυφές των K τριγώνων. Ο πίνακας είναι διάστασης $K \times 3$. Η i -στη γραμμή του πίνακα δηλώνει τις τρεις κορυφές που σχηματίζουν το τρίγωνο (με αναφορά σε κορυφές του πίνακα V και αρίθμηση που ξεκινά από το 1).
- C είναι ο πίνακας με τα χρώματα των κορυφών. Ο πίνακας C είναι διάστασης $L \times 3$. Η i -στη γραμμή του πίνακα δηλώνει τις χρωματικές συνιστώσες της αντίστοιχης κορυφής.
- D είναι ο πίνακας που δηλώνει το βάθος της κάθε κορυφής πριν την προβολή του αντικειμένου στις 2 διαστάσεις. Ο πίνακας D είναι διάστασης $L \times 1$.
- painter είναι μια μεταβλητή ελέγχου (scalar ή string) που καθορίζει τη συνάρτηση χρωματισμού (Gouraud ή Flat) που θα χρησιμοποιηθεί.
- M και N είναι το ύψος και το πλάτος του καμβά αντίστοιχα.

Στο εσωτερικό της συνάρτησης `paintObject` θα καλείται, ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής `painter`, η συνάρτηση `triPaintGouraud` ή η συνάρτηση `triPaintFlat` για το χρωματισμό των εσωτερικών σημείων κάθε τριγώνου. **Η σειρά με την οποία πρέπει να χρωματιστούν τα τρίγωνα προκύπτει από τον πίνακα βάθους D .** Ο χρωματισμός θα πρέπει να ξεκινάει από τα μακρινότερα (αυτά με το μεγαλύτερο βάθος) τρίγωνα και να συνεχίζει με τα κοντινότερα. Το βάθος ενός τριγώνου υπολογίζεται ως το κέντρο βάρους τους βάθους των κορυφών του.

Θεωρήστε δεδομένο ότι:

- Το background του καμβά είναι λευκό (`rgb = (1,1,1)`).
- Ο καμβάς έχει διαστάσεις $M = 1200$, $N = 1200$.
- Προσπαθήστε όπου είναι δυνατό στον κώδικα, σας να χρησιμοποιήσετε `vectorization` προκειμένου να αποφύγετε υπερβολικά μεγάλους χρόνους εκτέλεσης.

Παραδοτέα

1. Οι παραπάνω συναρτήσεις σε μορφή **σχολιασμένου** πηγαίου κώδικα MATLAB (ιδανικά έκδοσης R2017a) με σχόλια γραμμένα στα **αγγλικά ή greeklish**. (κοινώς, **μη γράφετε σχόλια με ελληνικούς χαρακτήρες**).

2. Δύο scripts επίδειξης με ονόματα demoGouraud.m, demoFlat.m, τα οποία θα καλούνται χωρίς εξωτερικά ορίσματα και θα:
- (α') Φορτώνουν τα δεδομένα εισόδου (πίνακες V, C, F, D της paintObject) από το αρχείο duck_hw1.mat που σας δίνεται.
 - (β') Πραγματοποιούν τον χρωματισμό των τριγώνων του αντικειμένου χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση paintObject (με την επιλογή του αντιστοιχού painter, Gouraud ή Flat).
 - (γ') Αποθηκεύουν το τελικό αποτέλεσμα με χρήση της συνάρτησης imwrite της Matlab.
3. Αναφορά με:
- Περιγραφή της λειτουργίας και του τρόπου κλήσης των προγραμμάτων,
 - Περιγραφή της διαδικασίας χρωματισμού των τριγώνων που ακολουθήσατε και παρουσίαση του αντίστοιχου ψευδοκώδικα
 - Περιγραφή των παραδοχών που χρησιμοποιήσατε.
 - Τα ενδεικτικά αποτελέσματα που παράγονται από τα demos.

Υποβολή εργασίας

- Οι εργασίες είναι **αυστηρά** ατομικές.
- Υποβάλετε ένα και μόνο αρχείο, τύπου zip.
- Το όνομα του αρχείου πρέπει να είναι AEM.zip, όπου AEM είναι τα τέσσερα ψηφία του Α.Ε.Μ. του φοιτητή της ομάδας.
- Το προς υποβολή αρχείο πρέπει να περιέχει τα αρχεία κώδικα Matlab και το αρχείο report.pdf το οποίο θα είναι η αναφορά της εργασίας.
- Η αναφορά πρέπει να είναι ένα αρχείο τύπου PDF, και να έχει όνομα report.pdf.
- Όλα τα αρχεία κώδικα πρέπει να είναι αρχεία κειμένου τύπου UTF-8, και να έχουν κατάληξη m.
- Το αρχείο τύπου zip που θα υποβάλετε δεν πρέπει να περιέχει κανένα φάκελο.
- Για την ονομασία των αρχείων που περιέχονται στο προς υποβολή αρχείο, χρησιμοποιείτε μόνο αγγλικούς χαρακτήρες, και όχι ελληνικούς ή άλλα σύμβολα, πχ "#", "\$", "%" κλπ.

Προσοχή: Θα αξιολογηθούν μόνο όσες εργασίες έχουν demos που τρέχουν!