

Γραφική με Υπολογιστές 2021

Εργασία #1: Πλήρωση Τριγώνων

Ζητούμενα

A. Συνάρτηση γραμμικής παρεμβολής

Να δημιουργηθεί μία συνάρτηση η οποία θα υλοποιεί γραμμική παρεμβολή ανάμεσα σε δύο τρισδιάστατες τιμές V_1 και V_2 με βάση τις δισδιάστες συντεταγμένες δύο σημείων p_1 και p_2 των κορυφών ενός τριγώνου.

$$value = vector_interp(p_1, p_2, a, V_1, V_2, dim)$$

όπου:

- p_1 και p_2 οι δισδιάστατες συντεταγμένες δύο κορυφών ενός τριγώνου.
- V_1 και V_2 οι τρισδιάστατες τιμές που αντιστοιχούν στις κορυφές p_1 και p_2 .
- a το σημείο στο οποίο θα εφαρμοστεί η παρεμβολή.
- $dim \in \{1, 2\}$ είναι η κατεύθυνση κατά την οποία θα πραγματοποιηθεί η γραμμική παρεμβολή (δηλαδή οριζοντίως ή καθέτως).
- $value$ είναι η τιμή που προκύπτει από γραμμική παρεμβολή των V_1 και V_2 κατά τη κατεύθυνση dim .

Η συνάρτηση αυτή θα σας είναι χρήσιμη και σε επόμενες εργασίες.

B. 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 τον 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,

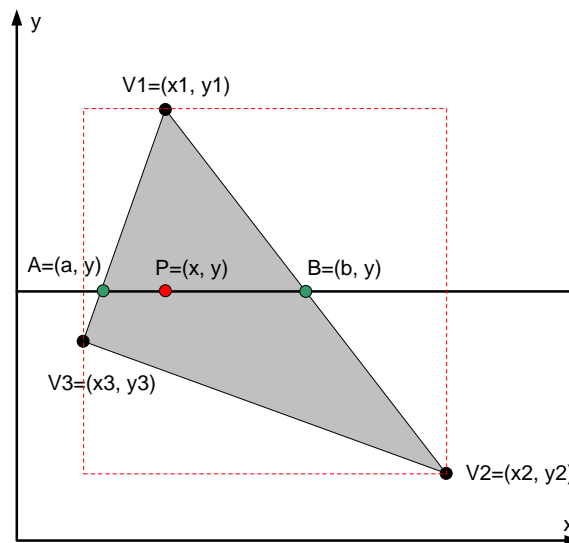
$$Y = paint_triangle_flat(img, vertices_2d, vertex_colors)$$

$$Y = \text{paint_triangle_gouraud}(\text{img}, \text{vertices_2d}, \text{vertex_color})$$

Όπου:

- *img* είναι η εικόνα (πίνακας διάστασης $M \times N \times 3$) με τυχόν προϋπάρχοντα τρίγωνα.
- *vertices_2d* είναι ακέραιος πίνακας διάστασης 3×2 που σε κάθε γραμμή περιέχει τις δισδιάστατες συντεταγμένες μιας κορυφής του τριγώνου.
- *vertex_colors* 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 τα σημεία του τριγώνου περιέχει τις υπολογισμένες χρωματικές συνιστώσες (R_i, G_i, B_i) καθώς και τα προϋπάρχοντα τρίγωνα της εισόδου *img* (επικαλύπτοντας τυχόν κοινά χρωματισμένα σημεία που προϋπήρχαν από την πλήρωση άλλων τριγώνων).

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



Σχήμα 1: Παράδειγμα χρωματισμού

Υλοποίηση *paint_triangle_flat*

Η *paint_triangle_flat* 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 `paint_triangle_gouraud`

Η `paint_triangle_gouraud` 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 και B , με χρήση της συνάρτησης `vector_interp` για τις τιμές χρωμάτων των κορυφών $V1, V3$ και $V1, V2$ αντίστοιχα (με $\dim = 2$). Η πρώτη αυτή φάση τα υλοποιείται μία φορά για κάθε scanline y .

Σε δεύτερη φάση, θα πρέπει πάλι με την χρήση της `vector_interp` (και $\dim = 1$) να γίνει γραμμική παρεμβολή για κάθε σημείο $P = (x, y)$ που ανήκει στο τρέχων scanline.

B. Συναρτήση χρωματισμού αντικειμένου

Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση:

$Img = render(vertices_2d, faces, vertex_colors, depth, renderer)$

Όπου:

- Img 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.
- $vertices_2d$ είναι ο πίνακας με τις κορυφές των τριγώνων της εικόνας. Ο πίνακας $vertices_2d$ είναι διάστασης $L \times 2$ και περιέχει τις συντεταγμένες ενός πλήθους L κορυφών. Για απλούστευση υποθέστε ότι όλες βρίσκονται εντός του καμβά.
- $faces$ 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 $vertices$ και αρίθμηση που ξεκινά από το 1).
- $vertex_colors$ 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.
- $depth$ είναι ο πίνακας που δηλώνει το βάθος της κάθε κορυφής πριν την προβολή του αντικειμένου στις 2 διαστάσεις. Ο πίνακας $depth$ είναι διάστασης $L \times 1$.
- $renderer$ 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 `render` θα καλείται, ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής `renderer`, η συνάρτηση `paint_triangle_gouraud` ή η συνάρτηση `paint_triangle_flat` για το χρωματισμό των εσωτερικών σημείων κάθε τριγώνου. **Η σειρά με την οποία πρέπει να χρωματιστούν τα τρίγωνα προκύπτει από τον πίνακα βάθους $depth$.** 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 R2018a) με σχόλια γραμμένα στα **αγγλικά ή greeklish**. (κοινώς, **μη γράφετε σχόλια με ελληνικούς χαρακτήρες**).
2. Δύο scripts επίδειξης με ονόματα demo_gouraud.m, demo_flat.m, τα οποία θα καλούνται χωρίς εξωτερικά ορίσματα και θα:
 - (α') Φορτώνουν τα δεδομένα εισόδου (πίνακες *vertices_2d*, *vertex_colors*, *faces*, *depth* της render) από το αρχείο racoon_hw1.mat που σας δίνεται.
 - (β') Πραγματοποιούν τον χρωματισμό των τριγώνων του αντικειμένου χρησιμοποιώντας τη συναρτήση render (με την επιλογή του αντιστοιχού renderer, Gouraud ή Flat).
 - (γ') Αποθηκεύουν το τελικό αποτέλεσμα με χρήση της συνάρτησης imwrite του 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!