

Γραφική με Υπολογιστές

Εργασία #1: Πλήρωση Τριγώνων

ΟΝ/ΕΠ : Νικόλαος Ιστατιάδης

AEM : 9175

Email: nikoista@ece.auth.gr

Ζητούμενα

Δύο scripts με ονόματα `demo_flat.m`, `demo_gouraud.m` και το αρχείο `raccoon_hw1.mat` που μας δίνετε, τα οποία καλούνται χωρίς εξωτερικά ορίσματα, παράγουν ενδεικτικές εικόνες χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες συναρτήσεις `paint_triangle_flat` και `paint_triangle_gouraud` τις προβάλλουν σε `figure` της Matlab με τη χρήση της συνάρτησης `imshow`. Για την εκτύπωση των ενδεικτικών αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα.

A) $M = 1200$, $N = 1200$

B) `raccoon_hw1.mat`

A. Συνάρτηση γραμμικής παρεμβολής

Η συνάρτηση `vector_interp` έχει την εξής δομή:

`value = vector_interp(p1, p2, a, V1, V2, dim)`

- `p1` και `p2` οι δισδιάστατες συντεταγμένες δύο κορυφών ενός τριγώνου.
- `V1` και `V2` οι τρισδιάστατες τιμές που αντιστοιχούν στις κορυφές `p1` και `p2`.
- `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 `V1` και `V2` κατά τη κατεύθυνση `dim`.

Βάφει τα σημεία με χρήση γραμμικής παρεμβολής είτε από τις 2 κορυφές που ορίζουν την ακμή που βρίσκεται πάνω τον οριακό σημείο, είτε από τα 2 οριακά σημεία εάν πρόκειται για εσωτερικό σημείο της `scanline`. Στην περίπτωση κατακόρυφης ακμής η γραμμική παρεμβολή για τα ενεργά οριακά σημεία γίνεται κατά `y` συνιστώσα ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση κατά `x`.

Περιγραφή διαδικασίας χρωματισμού τριγώνων και παρουσίαση ψευδοκώδικα

Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για την γραμμική παρεμβολή του χρώματος παρουσιάστηκε στο μάθημα και είναι:

Για y

- $\lambda = (y_1 - y) / (y_1 - y_0)$
- $C_k = \lambda * C_0 + (1 - \lambda) C_1$

Και για x

- $\sigma = (x_1 - x) / (x_1 - x_k)$
- $C_m = \sigma * C_k + (1 - \sigma) C_l$

Θεωρείται ότι δεν έχω εκφυλισμένες περιπτώσεις τριγώνων που δεν ορίζουν εμβαδόν στο περιεχόμενό τους.

B. Συναρτήσεις Πλήρωσης Τριγώνων

Η συνάρτηση `paint_triangle_flat` και `paint_triangle_gouraud` έχει την εξής δομή:

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

`Y = paint_triangle_gouraud(img, vertices_2d, vertex_colors)`

- `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.

Υλοποίηση `paint_triangle_flat`

Η `paint_triangle_flat` θα αποδίδει σε κάθε τρίγωνο ένα μοναδικό χρώμα. Η υλοποίηση της ακολουθεί τον αλγόριθμο των σημειώσεων όπου ο υπολογισμός των ενεργών οριακών σημείων θα γίνεται αναδρομικά από τα προηγούμενα οριακά σημεία με πρόσθεση του συντελεστή της εκάστοτε πλευράς. Υπάρχουν σχόλια στον κώδικα Matlab για περαιτέρω εξήγηση, ωστόσο ο υπολογισμός των ενεργών σημείων γίνεται με βάση τις εξισώσεις των πλευρών σε κάθε περίπτωση που προκύπτει με τις ανάλογες στρογγυλοποιήσεις για να βγαίνουν ακέραια τα αποτελέσματα κίνησης πάνω στον καμβά. Τέλος, 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. Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με πάνω αλλά 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

V_1 , V_3 και V_1 , V_2 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 τρέχον `scanline`.

Γ. Συναρτήση χρωματισμού αντικειμένου

Η συναρτήση render έχει την εξής δομή:

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

- 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 (0 ή 1) που καθορίζει τη συνάρτηση χρωματισμού (Flat ή Gouraud) που θα χρησιμοποιηθεί.
- M και N είναι το ύψος και το πλάτος του καμβά αντίστοιχα. Στο εσωτερικό της συνάρτησης.

Η συνάρτηση αυτή αποτελεί την βασική συνάρτηση που στην ουσία κάνει “ρέντερ” σύμφωνα με τα ορίσματα που της δίνουμε. 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.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



demo_flat.m



demo_gouraud.m

Βλέπουμε πως ο χρωματισμός σύμφωνα με το demo_flat.m δεν έχει διαβαθμίσεις και είναι όπως λέει και η ονομασία του flat. Επίσης φαίνονται τα χρώματα των τριγώνων οπότε το αποτέλεσμα είναι κατώτερο αισθητικά σε σχέση με το demo_gouraud.m όπου πλέον έχουμε έναν “ντεγκραντέ” χρωματισμό των τριγώνων. Ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση έχουμε πρόβλημα με την απότομη αλλαγή του χρώματος .

Είναι φανερό πως σε μερικά σημεία έχουμε πρόβλημα με τον χρωματισμό των τριγώνων(λευκά σημεία) αλλά είναι ελάχιστα σε σχέση με το αποτέλεσμα.