



ΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ Ι - ΑΝΑΦΟΡΑ



ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2023

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΣΤΕΡΓΙΟΥ | 10079
Τ.Η.Μ.Μ.Υ. Α.Π.Θ. | anasster@ece.auth.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν έγγραφο αποτελεί αναφορά πάνω στην πρώτη εργασία του μαθήματος *Γραφική με Υπολογιστές*. Το θέμα της είναι η πλήρωση τριγώνων με διάφορες τεχνικές, και σαν σκοπό έχει την απεικόνιση ενός τρισδιάστατου αντικειμένου στις δύο διαστάσεις μέσω τριγώνων. Στην αναφορά αυτή, αρχικά θα παρουσιαστεί η λειτουργία κάθε συνάρτησης, και έπειτα θα παρουσιαστούν και θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα. Επιπλέον, όπου χρειάζεται, θα παρατίθενται σχόλια και παραδοχές που έγιναν κατά την υλοποίηση του προγράμματος.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Για να υλοποιηθεί σωστά η εργασία, χρειάζονται συναρτήσεις που να πραγματοποιούν πλήρωση του κάθε τριγώνου ξεχωριστά με τη ζητούμενη μέθοδο, μία συνάρτηση χρωματισμού όλων των τριγώνων, καθώς και μία βοηθητική συνάρτηση όπου πραγματοποιεί γραμμική παρεμβολή. Επιπλέον, υπάρχουν και δύο *demo files*, όπου παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της εκάστοτε μεθόδου χρωματισμού. Κατά την υλοποίηση του προγράμματος, χρησιμοποιήθηκε εκτενώς η βιβλιοθήκη *numpy*. Επιπλέον, χρήσιμες ήταν οι *matplotlib* και *time* με σκοπό να οπτικοποιηθεί το αποτέλεσμα, και να υπολογιστεί ο χρόνος υλοποίησης της κάθε μεθόδου.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΑΤΟΣ

Συνάρτηση *interpolate vectors*

Πρόκειται για τη βοηθητική συνάρτηση που πραγματοποιεί τη διαδικασία της γραμμικής παρεμβολής. Δέχεται ως είσοδο 2 σημεία $p1$ και $p2$, τα οποία έχουν δισδιάστατες συντεταγμένες (x, y) . Στα δύο αυτά σημεία, αντιστοιχούν δύο n -διάστατα διανύσματα $v1$ και $v2$. Ανάλογα από το εάν γίνεται παρεμβολή κατά την κατεύθυνση των x ή των y , κάτι που προσδιορίζεται από την είσοδο $dim = 1$ ή 2 αντίστοιχα, υπολογίζεται ο συντελεστής βαρύτητας t . Για παράδειγμα, στην περίπτωση όπου $dim = 1$:

$$t = \left| \frac{xy - p1(x)}{p2(x) - p1(x)} \right|$$

Όπου xy η τετμημένη ή τεταγμένη του παρεμβλλόμενου σημείου.

Η σχέση είναι ανάλογη και για την περίπτωση όπου $dim = 2$. Το κλάσμα μπαίνει σε απόλυτη τιμή διότι δεν είναι εξαρχής γνωστή η διάταξη των συντεταγμένων των σημείων $p1$ και $p2$. Στο σημείο αυτό, να τονιστεί πως δεν λαμβάνεται υπόψιν η περίπτωση τα σημεία να έχουν ίδια τετμημένη ή τεταγμένη, καθώς κατά τη χρήση της

συνάρτησης είναι βέβαιο πως δεν θα ισχύει αυτή η συνθήκη. Στην έξοδο, παράγεται ένα διάνυσμα v όπου προκύπτει ως αποτέλεσμα παρεμβολής των $v1$ και $v2$:

$$v = t * v1 + (1 - t) * v2$$

Το v θα είναι προφανώς n -διάστατο.

Συνάρτηση flats

Πρόκειται για τη μία εκ των δύο συναρτήσεων πλήρωσης τριγώνων. Σαν είσοδο δέχεται έναν 3×2 πίνακα *vertices* που περιέχει τις συντεταγμένες των κορυφών του τριγώνου, έναν 3×3 πίνακα *colors* που περιέχει τα χρώματα *RGB* των αντίστοιχων κορυφών, και έναν καμβά *canvas* διαστάσεων $M \times N \times 3$.

Αρχικά, γίνεται μία ταξινόμηση των σημείων ως εξής:

- Τα σημεία του πίνακα *vertices* ταξινομούνται κατά αύξουσα τεταγμένη y
- Σε περίπτωση που δύο σημεία έχουν την ίδια τεταγμένη, ταξινομούνται κατά αύξουσα τετμημένη x .

Με βάση αυτήν την ταξινόμηση, ταξινομείται και ο πίνακας *colors*, ώστε τα χρώματα να αντιστοιχούν στα σωστά σημεία.

Υπολογίζονται τα ενεργά σημεία των τριγώνων ως εξής:

- Ορίζεται μία γραμμή σάρωσης y , η οποία διατρέχει ολόκληρο το τρίγωνο από κάτω μέχρι πάνω.
- Εφόσον το τρίγωνο είναι *κυρτό πολύγωνο*, οι σε κάθε περίπτωση όπου $y \neq y_{min}$ και $y \neq y_{max}$, η γραμμή θα τέμνει το τρίγωνο σε *ακριβώς δύο σημεία*, με τετμημένες $x = x_i + (y - y_i) \cdot \frac{x_j - x_i}{y_j - y_i}$, $i \neq j$ και τεταγμένες y .

Τα ενεργά σημεία αποθηκεύονται σε έναν πίνακα διαστάσεων $K \times 2$, όπου $K = y_{max} - y_{min} - 2$ εφόσον οι περιπτώσεις $y = y_{min}$ και $y = y_{max}$ ξεετάζονται ξεχωριστά. Για $y = y_{min}$ και $y = y_{max}$ ξεετάζονται οι περιπτώσεις όπου έχουμε οριζόντια πλευρά στα αντίστοιχα y , όπου και εφαρμόζονται οι αντίστοιχες υποδείξεις στον αλγόριθμο πλήρωσης τριγώνων των σημειώσεων.

Το χρώμα που θα έχουν τα σημεία του τριγώνου που θα χρωματιστούν, θα είναι στην περίπτωση αυτή ο *μέσος όρος των χρωμάτων της κάθε κορυφής* (για κάθε χρωματική συνιστώσα αντίστοιχα). Στο στάδιο του χρωματισμού του τριγώνου, απλώς υπολογίζονται όλα τα σημεία του τριγώνου που θα χρωματιστούν, τα οποία έχουν τεταγμένη y μεταξύ των $y = y_{min}$ και $y = y_{max}$, και τετμημένη μεταξύ των ενεργών σημείων για κάθε y .

Συνάρτηση *gourauds*

Πρόκειται για τη δεύτερη εκ των δύο συναρτήσεων πλήρωσης τριγώνων. Σαν ορίσματα εισόδου, δέχεται τα ίδια με την *flats*, και οι διαδικασίες ταξινόμησης και υπολογισμού των ενεργών σημείων είναι προφανώς ακριβώς ίδιες με την *flats*.

Στη διαδικασία του χρωματισμού, ακολουθούνται δύο ξεχωριστές διαδικασίες:

- Παρεμβολή κατά y στα σημεία που έχουν τετμημένη ενεργού σημείου, μεταξύ των κορυφών στις οποίες βρίσκεται ανάμεσα. Το αποτέλεσμα της παρεμβολής είναι ένα 3×1 διάνυσμα που περιέχει τις *RGB* συνιστώσες του αντίστοιχου σημείου.
- Παρεμβολή κατά x σε όλα τα σημεία που βρίσκονται στην ημιευθεία που ορίζεται από τα δύο ενεργά σημεία σε κάθε ύψος y . Και πάλι, παράγεται το 3×1 *RGB* διάνυσμα του σημείου αυτού.

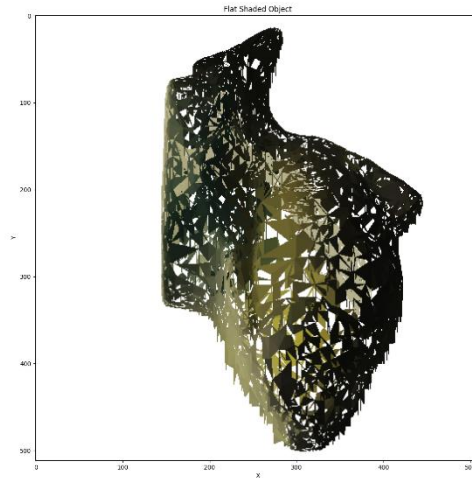
Συνάρτηση *render*

Πρόκειται για τη συνάρτηση χρωματισμού του προβαλλόμενου αντικειμένου στις δύο διαστάσεις. Δέχεται ως είσοδο έναν πίνακα *verts2d* με τις συντεταγμένες της κάθε κορυφής του κάθε τριγώνου (L σε πλήθος), έναν πίνακα *depth* με το βάθος της κάθε κορυφής, έναν πίνακα *vcolors* με τις χρωματικές συνιστώσες της κάθε κορυφής, και έναν πίνακα *faces* που περιέχει τους δείκτες των τριών κορυφών των K σε πλήθος τριγώνων του σχήματος. Επιπλέον, δέχεται και μία μεταβλητή *shade_t*, που ορίζει τη μέθοδο χρωματισμού των τριγώνων.

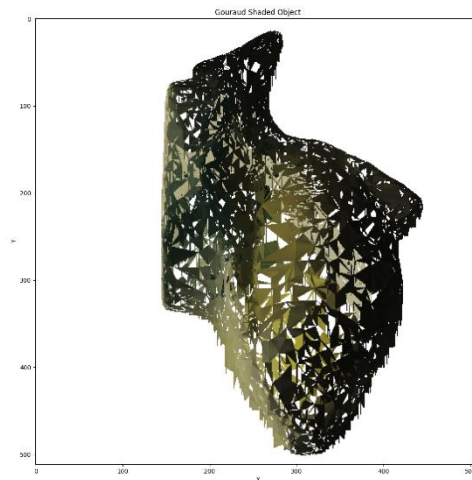
Το βάθος του κάθε τριγώνου ορίζεται ως ο μέσος όρος των βαθών των κορυφών του, επομένως ορίστηκε ένας πίνακας *tdepth*, που αποθηκεύει τα βάθη των τριγώνων, και τα ταξινομεί κατά φθίνουσα σειρά. Μέσω της συνάρτησης *numpy.argsort()*, οι δείκτες του πίνακα βαθών που ταξινομούν τα στοιχεία του σε φθίνουσα σειρά, αποθηκεύονται σε έναν άλλο πίνακα, μέσω του οποίου δημιουργείται πρόσβαση στους πίνακες *verts2d* και *vcolors* χωρίς να χαλάσει η ταξινόμησή τους. Έπειτα, πραγματοποιείται ο χρωματισμός των τριγώνων με μία δομή επανάληψης *for* για K επαναλήψεις.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Ο χρωματισμός του αντικειμένου με τη μέθοδο *flat* δίνει το εξής αποτέλεσμα:



ενώ με τη μέθοδο *gouraud* δίνει:



Προφανώς στη *gouraud* υπάρχει διαβάθμιση στο χρώμα των εσωτερικών των τριγώνων, καθώς αποτελεί άθροισμα με βάρη των χρωμάτων των πλευρών του. Στην *flat* αντιθέτως, τα τρίγωνα είναι όλα μονοχρωματικά.

Η μέθοδος *flat* είναι υπολογιστικά πολύ λιγότερο περίπλοκη, καθώς με τη βιβλιοθήκη *time* υπολογίζεται ότι υλοποιείται σε 2.5 φορές λιγότερο χρόνο συγκριτικά με τη *gouraud*.

ΤΕΛΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

