

# Γραφική με Υπολογιστές

## Εργασία 1

Βασίλειος Αραϊλόπουλος  
varailop@ece.auth.gr  
AEM: 9475

Μάρτιος 2021

### 1 Εισαγωγή

Αυτή η εργασία είχε ως θέμα την διαδικασία πλήρωσης κλειστών σχημάτων και συγκεκριμένα τριγώνων. Στόχος ήταν η υλοποίηση δύο συναρτήσεων, που έχοντας ως δεδομένα τις συντεταγμένες των κορυφών ενός τριγώνου πάνω στην εικόνα και τα χρώματα των κορυφών τους, χρωματίζουν τα pixel που βρίσκονται μέσα σε αυτό. Οι διαφορές αυτών των δύο συναρτήσεων έγκειται στο γεγονός ότι η μία “γεμίζει” το τρίγωνο με ένα μόνο χρώμα, ενώ η άλλη χρωματίζει με διαβαθμισμένη απόχρωση κάθε pixel για να φαίνεται μια πιο ομαλή μετάβαση από τρίγωνο σε τρίγωνο.

### 2 Συνάρτηση γραμμικής παρεμβολής

Σε αυτή την συνάρτηση χρησιμοποιήθηκε ο τύπος που δείχθηκε στο μάθημα:

$$C_k = \lambda C_0 + (1 - \lambda)C_1 \quad (1)$$

όπου

$$\lambda = \frac{y_1 - y}{y_1 - y_0}$$

ή το αντίστοιχο για x και C οι πίνακες με τις τιμές των χρωμάτων. Εξαιρέσεις που υπάρχουν είναι όταν τα σημεία ταυτίζονται και όταν επιλέγεται να γίνει παρεμβολή οριζόντια ή κάθετα και αντίστοιχα τα x ή τα y να ταυτίζονται.

### 3 Συνάρτηση paint\_triangle\_flat

Στο αρχείο paint\_triangle\_flat.m βρίσκεται η συνάρτηση που χρωματίζει ομοιόμορφα όλο το τρίγωνο. Σε γενικές γραμμές ακολουθείται ο αλγόριθμος των σημειώσεων, αλλά έχουν γίνει κάποιες συμβάσεις και διαφοροποιήσεις:

- Οι ενεργές ακμές θα είναι πάντα δύο, εκτός της περίπτωσης που τα τρία σημεία του τριγώνου είναι συνευθειακά. Για αυτό εξαιρούνται οι πλευρές με  $y_{k,max} = y + 1$  και όχι οι πλευρές με  $y_{k,max} = y$  και κάτι τέτοιο συνεπάγεται ότι όταν μια πλευρά εξαιρείται μία άλλη πρέπει να μπει στην θέση της. Επίσης, στην προτελευταία επανάληψη δεν είναι απαραίτητη η αλλαγή των ακμών και των ενεργών οριακών σημείων (εξαιρέθηκε γιατί υπήρχε πρόβλημα στην περίπτωση που η πάνω πλευρά ήταν οριζόντια).
- Τα ενεργά οριακά σημεία θα είναι και αυτά πάντα δύο, ακόμα και αν είναι το ίδιο σημείο. Αυτό χρησιμεύει ώστε η for για τα x να γίνεται από το πιο αριστερά σημείο μέχρι το πιο δεξιά.

- Τα ενεργά σημεία, όταν είναι δεκαδικοί αριθμοί, στρογγυλοποιούνται στο κοντινότερο τους φυσικό.
- Λήφθηκαν υπόψη όλες οι ιδιαίτερες περιπτώσεις, όπως μια πλευρά να είναι οριζόντια (παράλληλη με την scanline) είτε αυτή είναι πάνω ή κάτω, μια πλευρά να είναι κάθετη, να είναι οι κορυφές του τριγώνου συνευθειακές ή και να είναι ταυτόσημες.

Όλα αυτά φαίνονται στον παρακάτω ψευδοκώδικα.

---

**Algorithm 1:** Paint Triangle Flat

---

**Data:** vertices, colours  
**Result:** image with filled triangle

```

1 find and store colour to be filled with
2 find and store the edges
3 initialize variables  $y_{kmin}, y_{kmax}, x_{kmin}, x_{kmax}, y_{min}, y_{max}$ 
4 calculate and store inclination of edges
5 find points with  $y_{kmin} = y_{min}$ 
6 if no. points = 1 then
7   | intersections are the x of that point
8   | current edges are those with that point
9 else if no. points = 2 then
10  | intersections are the vertices of the edges with those points
11  | current edges are the two remaining edges
12 else if no. points = 3 then
13  | intersections are the  $x_{min}$  and  $x_{max}$ 
14 end
15 for  $y_{min} \leq y \leq y_{max}$  do
16   | round intersections to closest interger
17   | for left intersection  $\leq x \leq$  right intersection do
18   |   | fill pixels with colour
19   | end
20   | calculate next intersections with the inclination of the current edges
21   | find points with  $y_{kmin} = y + 1$  and  $y_{kmax} = y + 1$ 
22   | if points found and is not  $y_{max} - 1$  iteration then
23   |   | replace intersection with new point
24   |   | update current edges
25   | end
26 end
```

---

## 4 Συνάρτηση paint\_triangle\_gouraud

Στο αρχείο paint\_triangle\_gouraud.m βρίσκεται η συνάρτηση που χρωματίζει με διαβαθμισμένα χρώματα το τρίγωνο. Ο κώδικας αυτής της συνάρτησης είναι ίδιος με αυτόν της προηγούμενης με την διαφορά ότι όταν αλλάζει η scanline βρίσκονται τα χρώματα των ενεργών οριακών σημείων με γραμμική παρεμβολή των άκρων της πλευράς και για τα σημεία ενδιάμεσα στα ενεργά οριακά σημεία ξαναγίνεται γραμμική παρεμβολή για την εύρεση του χρώματος. Για αυτόν το λόγο ο παρακάτω ψευδοκώδικας ξεκινάει από την σειρά 15 γιατί μέχρι εκείνο το σημείο είναι ίδιοι, εκτός της γραμμής 1.

---

**Algorithm 2:** Paint Triangle Gouraud

---

**Data:** vertices, colours**Result:** image with filled triangle

```
15 for  $y_{min} \leq y \leq y_{max}$  do
16   round intersections to closest interger
17   calculate colours of the intersections A and B with linear interpolation to the current
   edges
18   for  $left\ intersection \leq x \leq right\ intersection$  do
19     calculate colour of pixel with linear interpolation between A and B
20     fill pixel
21   end
22   calculate next intersections with the inclination of the current edges
23   find points with  $y_{kmin} = y + 1$  and  $y_{kmax} = y + 1$ 
24   if points found and is not  $y_{max} - 1$  iteration then
25     replace intersection with new point
26     update current edges
27   end
28 end
```

---

## 5 Συνάρτηση render και demos

Η συνάρτηση render παίρνει τα κέντρα βάρους των τριγώνων και τα ταξινομεί ώστε να βρεθεί η σειρά πλήρωσης τους και ακολουθώντας αυτήν την σειρά και σύμφωνα με τον renderer πληρώνει τα τρίγωνα. Τα demos απλά φορτώνουν το mat file και καλούν την render.

## 6 Αποτελέσματα

Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα των demos και ο χρόνος εκτέλεσής τους. Τελικά, είναι προφανές ότι στην πρώτη περίπτωση τα τρίγωνα φαίνονται έντονα και δεν είναι οπτικά ευχάριστο, ενώ στην δεύτερη η ομαλή αυτή μετάβαση του χρώματος ξεγελάει το μάτι και κάνει πιο φυσική την εικόνα.

```
>> demo_flat
Elapsed time is 325.106584 seconds.
>> demo_gouraud
Elapsed time is 329.821561 seconds.
```

Σχήμα 1: Ενδεικτικοί χρόνοι εκτέλεσης



Σχήμα 2: Αποτέλεσμα με την flat συνάρτηση



Σχήμα 3: Αποτέλεσμα με την gouraud συνάρτηση