



Γραφική με Υπολογιστές
-Εργασία 3-
Θέαση

Αλέξανδρος Πετρίδης

Τελευταία ενημέρωση: 3 Ιουλίου 2021

Περιεχόμενα

1	Περιγραφή λειτουργίας	3
2	Περιγραφή των συναρτήσεων	3
2.1	Κλάση <i>PhongMaterial</i>	3
2.1.1	<i>Constructor</i> της κλάσης	3
2.2	Κλάση <i>PointLight</i>	3
2.2.1	<i>Constructor</i> της κλάσης	3
2.3	Συνάρτηση <i>ambient_light</i>	3
2.4	Συνάρτηση <i>diffuse_light</i>	3
2.5	Συνάρτηση <i>specular_light</i>	4
2.6	Συνάρτηση <i>calculate_normals</i>	4
2.7	Συνάρτηση <i>render_object</i>	4
2.8	Συνάρτηση <i>shade_gouraud</i>	5
2.8.1	Βοηθητική συνάρτηση <i>paint_triangle_gouraud</i>	5
2.9	Συνάρτηση <i>shade_phong</i>	5
2.9.1	Βοηθητική συνάρτηση <i>paint_triangle_phong</i>	5
3	Ενδεικτικά αποτελέσματα	5
3.1	Αποτελέσματα με χρωματισμό <i>gouraud</i>	6
3.2	Αποτελέσματα με χρωματισμό <i>phong</i>	8

1 Περιγραφή λειτουργίας

Η λειτουργία αναλύεται στα παρακάτω βήματα:

1. Φορτώνονται τα δεδομένα από το αρχείο "hw3.mat".
2. Μετασχηματίζονται τα δεδομένα έτσι ώστε να εισαχθούν σαν ορίσματα στις συναρτήσεις που υλοποιήθηκαν.
3. Επιλέγεται 1 για τον χρωματισμό με την μέθοδο *gouraud*.
4. Αλλάζουν κάθε φορά τα ορίσματα έτσι ώστε να έχουμε σαν αποτέλεσμα διαφορετικούς φωτισμούς και χρωματισμούς του αντικειμένου.
5. Επιλέγεται 2 για τον χρωματισμό με την μέθοδο *phong*.
6. Αλλάζουν κάθε φορά τα ορίσματα έτσι ώστε να έχουμε σαν αποτέλεσμα διαφορετικούς φωτισμούς και χρωματισμούς του αντικειμένου.
7. Τέλος προβάλλονται οι 8 εικόνες που προέκυψαν.

2 Περιγραφή των συναρτήσεων

2.1 Κλάση *PhongMaterial*

Δημιουργήθηκε η κλάση *PhongMaterial*, η οποία αντιπροσωπεύει τις συνιστώσες ενός υλικού μιας 3D επιφάνειας.

2.1.1 *Constructor* της κλάσης

Ο *Constructor* δημιουργεί το αντικείμενο κλάσης αρχικοποιώντας τα χαρακτηριστικά από τα ορίσματα του.

2.2 Κλάση *PointLight*

Δημιουργήθηκε η κλάση *PointLight*, η οποία υλοποιεί μία σημειακή πηγή φωτός.

2.2.1 *Constructor* της κλάσης

Ο *Constructor* δημιουργεί το αντικείμενο κλάσης αρχικοποιώντας τα χαρακτηριστικά από τα ορίσματα του.

2.3 Συνάρτηση *ambient_light*

Η συνάρτηση αυτή δέχεται ως ορίσματα ένα αντικείμενο τύπου *PhongMaterial(mat)*, τις συνιστώσες του χρώματος του σημείου(*color*) και τις συνιστώσες της διάχυτης ακτινοβολίας του περιβάλλοντος(I_a). Επιστρέφει την ένταση της τριχρωματικής ακτινοβολίας από τον τύπο $I = color + I_a k_a$.

2.4 Συνάρτηση *diffuse_light*

Η συνάρτηση δέχεται ως ορίσματα τις συντεταγμένες του σημείου(P), τις συντεταγμένες του κανονικού διανύσματος της επιφάνειας στο σημείο(N), τις συνιστώσες του χρώματος του σημείου(*color*), ένα αντικείμενο τύπου *PhongMaterial(mat)* και ένα διάνυσμα από αντικείμενα τύπου *PointLight(lights)*. Επιστρέφει την ένταση της τριχρωματικής ακτινοβολίας. Αρχικά υπολογίζει το διάνυσμα L από τον τύπο $L = \frac{lights.pos - P}{|lights.pos - P|}$ για όλα τα *lights* και τέλος υπολογίζει την ένταση ως το άθροισμα όλων των εντάσεων που υπολογίζονται από τον τύπο $I = lights.intensity * k_d * (N \cdot L)$

2.5 Συνάρτηση *specular_light*

Η συνάρτηση δέχεται ως ορίσματα τις συντεταγμένες του σημείου(P), τις συντεταγμένες του κανονικού διανύσματος της επιφάνειας στο σημείο(N), τις συνιστώσες του χρώματος του σημείου($color$), ένα αντικείμενο τύπου *PhongMaterial(mat)*, ένα διάνυσμα από αντικείμενα τύπου *PointLight(lights)* και τις συντεταγμένες της κάμερας(cam_pos). Επιστρέφει την ένταση της τριχρωματικής ακτινοβολίας. Αρχικά υπολογίζει το διάνυσμα V από τον τύπο $V = \frac{cam_pos - P}{|cam_pos - P|}$, έπειτα βρίσκει τα L όπως στην προηγούμενη συνάρτηση και τέλος υπολογίζει την ένταση του φωτός ως άθροισμα όλων των εντάσεων που υπολογίζονται από τον τύπο $I = lights.intensity * k_s * ((2N * (N \cdot L) - L) \cdot V) * n_{phong}$

2.6 Συνάρτηση *calculate_normals*

Η συνάρτηση δέχεται ως ορίσματα τις συντεταγμένες των κορυφών του αντικειμένου($vertices$) και έναν πίνακα ο οποίος περιγράφει τα τρίγωνα($face_indices$). Επιστρέφει τις συντεταγμένες των κάθετων διανυσμάτων σε κάθε κορυφή της επιφάνειας(N). Υπολογίζει τα κάθετα διανύσματα από τον τύπο $N = (vertices(:, 2) - vertices(:, 1)) \times (vertices(:, 3) - vertices(:, 2))$ για όλες τις κορυφές του αντικειμένου(τριγώνου).

2.7 Συνάρτηση *render_object*

Η συνάρτηση δέχεται τα παρακάτω ορίσματα και επιστρέφει την εικόνα που σχηματίζεται:

1. Την μεταβλητή ελέγχου για την πλήρωση των τριγώνων(*shader*).
2. Την απόσταση του πετάσματος από το κέντρο της κάμερας(*focal*).
3. Τις συντεταγμένες της κάμερας(*eye*).
4. Τις συντεταγμένες του στόχου της κάμερας(*lookat*).
5. Το μοναδιαίο διάνυσμα up της κάμερας.
6. Τις χρωματικές συνιστώσες του φόντου(*bg_color*).
7. Τις διαστάσεις της παραγόμενης εικόνας($M \times N_{pixels}$).
8. Τις φυσικές διαστάσεις του πετάσματος της κάμερας ($H \times W$).
9. Τις συντεταγμένες των κορυφών του αντικειμένου(*verts*).
10. Τις συνιστώσες του χρώματος κάθε κορυφής του αντικειμένου(*verts_colors*).
11. Τον πίνακα που περιγράφει τα τρίγωνα (*face_indices*).
12. Ένα αντικείμενο *PhongMaterial(mat)*.
13. Ένα διάνυσμα αντικειμένων *PointLight(lights)*.
14. Τις συνιστώσες έντασης της διάχυτης ακτινοβολίας του περιβάλλοντος(I_a).

Η συνάρτηση ακολουθεί τα παρακάτω βήματα έτσι ώστε να δημιουργήσει την εικόνα που επιστρέφεται.

1. Υπολογίζει τα κανονικά διανύσματα των κορυφών του αντικειμένου μέσω της συνάρτησης *calculate_normals*.
2. Προβάλλει τις κορυφές των τριγώνων σε ορθογώνιο πέτασμα μέσω της συνάρτησης *project_cam_ku* της δεύτερης εργασίας.
3. Βρίσκει το βάθος του κάθε τριγώνου και τα ταξινομεί κατά φθίνουσα σειρά.
4. Ζωγραφίζει τα τρίγωνα που υπάρχουν με χρήση μίας εκ των δύο συναρτήσεων χρωματισμού που αναλύονται παρακάτω.

2.8 Συνάρτηση *shade_gouraud*

Η συνάρτηση δέχεται ως ορίσματα τις 2D συντεταγμένες των κορυφών του τριγώνου, τα κανονικά διανύσματά τους, τα χρώματα τους, το κέντρο βάρους του τριγώνου, τις συντεταγμένες της κάμερας, τα αντικείμενα τύπου *PhongMaterial* και *PointLight*, το διάνυσμα της διάχυτης ακτινοβολίας στο περιβάλλον και την εικόνα με τυχόν προϋπάρχοντα τρίγωνα. Επιστρέφει την εικόνα με χρωματισμένο το τρίγωνο με την μέθοδο *gouraud*. Υπολογίζει τα χρώματα με την βοήθεια των συναρτήσεων του προϋγούμενου κεφαλαίου και με την χρήση της βοηθητικής συνάρτησης.

2.8.1 Βοηθητική συνάρτηση *paint_triangle_gouraud*

Η συνάρτηση του συμφοιτητή Κωνσταντίνου Χατζή της πρώτης του εργασίας.

2.9 Συνάρτηση *shade_phong*

Η συνάρτηση δέχεται ως ορίσματα τις 2D συντεταγμένες των κορυφών του τριγώνου, τα κανονικά διανύσματά τους, τα χρώματα τους, το κέντρο βάρους του τριγώνου, τις συντεταγμένες της κάμερας, τα αντικείμενα τύπου *PhongMaterial* και *PointLight*, το διάνυσμα της διάχυτης ακτινοβολίας στο περιβάλλον και την εικόνα με τυχόν προϋπάρχοντα τρίγωνα. Επιστρέφει την εικόνα με χρωματισμένο το τρίγωνο με την μέθοδο *phong*. Υπολογίζει τα χρώματα με την χρήση της βοηθητικής συνάρτησης.

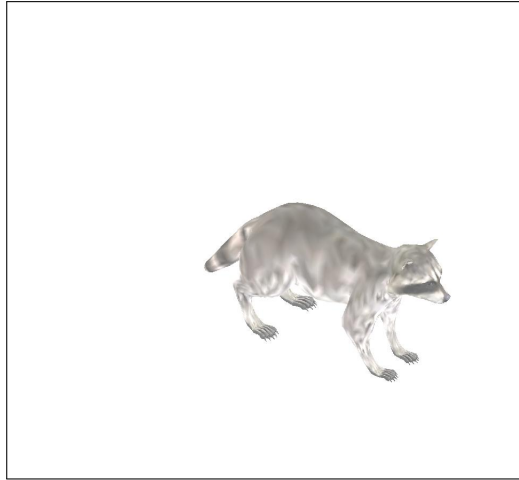
2.9.1 Βοηθητική συνάρτηση *paint_triangle_phong*

Είναι μια παραλλαγή της συνάρτησης *paint_triangle_gouraud* η οποία δέχεται ως επιπλέον ορίσματα τα κανονικά διανύσματά των κορυφών, το κέντρο βάρους του τριγώνου, τις συντεταγμένες της κάμερας, τα αντικείμενα τύπου *PhongMaterial* και *PointLight* και το διάνυσμα της διάχυτης ακτινοβολίας στο περιβάλλον και επιστρέφει τα χρώματα των σημείων του τριγώνου. Η παραλλαγή σε σχέση με την συνάρτηση *paint_triangle_gouraud* είναι πως για τον υπολογισμό του χρώματος κάθε σημείου πρώτα υπολογίζει με γραμμικές παρεμβολές το κανονικό του διάνυσμα και έπειτα με την βοήθεια των συναρτήσεων των προϋγούμενων κεφαλαίων υπολογίζει το χρώμα του κάθε *pixel*.

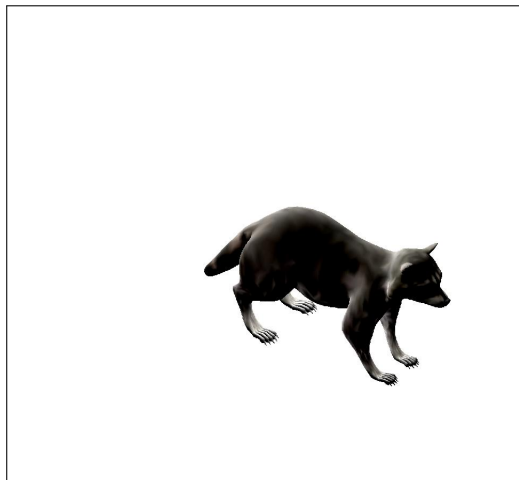
3 Ενδεικτικά αποτελέσματα

Το *demo* δημιουργεί και τις 8 εικόνες και ο χρόνος εκτέλεσής του είναι περίπου 4.5 λεπτά.

3.1 Αποτελέσματα με χρωματισμό *gouraud*



Σχήμα 1: Εικόνα με διάχυτο φωτισμό από το περιβάλλον, χρωματισμένη με *gouraud*.



Σχήμα 2: Εικόνα με φωτισμό λόγω διάχυτης ανάκλασης, χρωματισμένη με *gouraud*.



Σχήμα 3: Εικόνα με φωτισμό λόγο κατοπτρικής ανάκλασης, χρωματισμένη με *gouraud*.

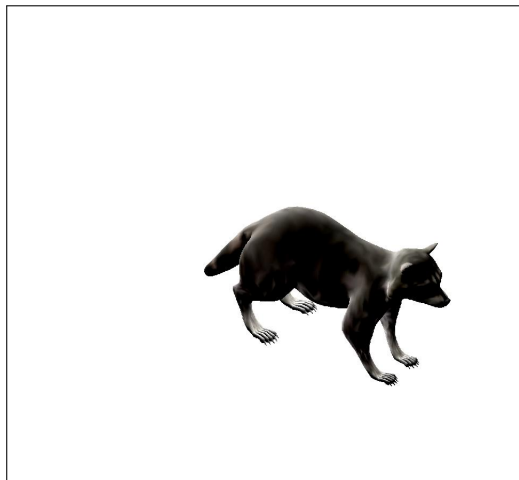


Σχήμα 4: Εικόνα με όλους τους φωτισμούς, χρωματισμένη με *gouraud*.

3.2 Αποτελέσματα με χρωματισμό *phong*



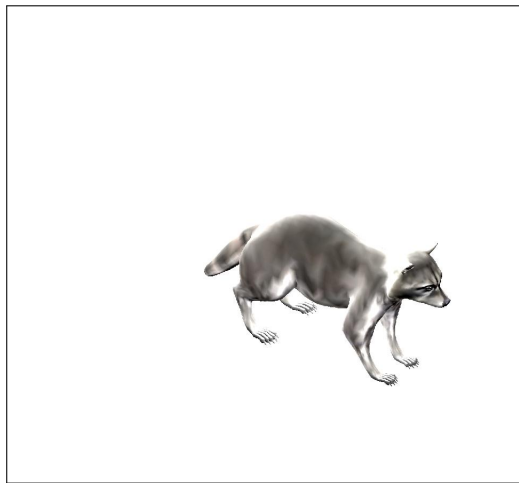
Σχήμα 5: Εικόνα με διάχυτο φωτισμό από το περιβάλλον, χρωματισμένη με *phong*.



Σχήμα 6: Εικόνα με φωτισμό λόγω διάχυτης ανάκλασης, χρωματισμένη με *phong*.



Σχήμα 7: Εικόνα με φωτισμό λόγω κατοπτρικής ανάκλασης, χρωματισμένη με *phong*.



Σχήμα 8: Εικόνα με όλους τους φωτισμούς, χρωματισμένη με *phong*.