

Γραφική με Υπολογιστές 2020

Εργασία #3

Θέαση

Στέφανος Παπαδάμ
ΑΕΜ: 8885

9/6/2020

1. Περιγραφή της λειτουργίας και του τρόπου κλήσης των προγραμμάτων

1.1 Φωτισμός

1.1.1 Συνάρτηση ambientLight

Η συγκεκριμένη συνάρτηση υπολογίζει το φωτισμό λόγω διάχυτου φωτός από το περιβάλλον ενός σημείου P. Δέχεται ως ορίσματα το 3×1 διάνυσμα ka με τους συντελεστές διάχυτου φωτός στο σημείο P και το διάνυσμα la με την ένταση της διάχυτης φωτεινής ακτινοβολίας για κάθε συνιστώσα. Το αποτέλεσμα προκύπτει ως ο πολλαπλασιασμός στοιχείο προς στοιχείο των δύο αυτών διανυσμάτων και επιστρέφεται από τη συνάρτηση.

1.1.2 Συνάρτηση diffuseLight

Η συγκεκριμένη συνάρτηση υπολογίζει το φωτισμό λόγω διάχυτης ανάκλασης ενός σημείου P. Αρχικά στη συνάρτηση γίνεται έλεγχος για την ορθότητα των διαστάσεων των ορισμάτων. Τα ορίσματα που δέχεται η συνάρτηση είναι το διάνυσμα στήλη P διάστασης 3×1 με τις συντεταγμένες του τρισδιάστατου σημείου, το διάνυσμα στήλη N διάστασης 3×1 με τις συντεταγμένες του μοναδιαίου διανύσματος κάθετου προς την επιφάνεια στο σημείο P, το 3×1 διάνυσμα kd με τους συντελεστές διάχυτης ανάκλασης στο σημείο P, τον πίνακα S διάστασης $3 \times n$ όπου κάθε στήλη αντιστοιχεί στις συντεταγμένες της i-οστής σημειακής πηγής, τον πίνακα I0 διάστασης $3 \times n$ όπου κάθε στήλη αντιστοιχεί στην ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας για τις τρεις χρωματικές συνιστώσες της i-οστής σημειακής πηγής και επιστρέφει την ένταση της τριχρωματικής ακτινοβολίας I που ανακλάται από το σημείο P. Για να γίνει

αυτός ο υπολογισμός, για κάθε πηγή που συνεισφέρει στη διάχυτη ανάκλαση, υπολογίζονται οι εξής ποσότητες: η απόσταση d ανάμεσα στο σημείο P και την φωτεινή πηγή S , ο παράγοντας εξασθένισης f_{att} ο οποίος ισούται με το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης d και το διάνυσμα L ανάμεσα στο σημείο και την πηγή. Το τελικό αποτέλεσμα είναι το άθροισμα των γινομένων ανάμεσα στην ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας, τον παράγοντα f_{att} , το συντελεστή διάχυτης ανάκλασης k_d και το εσωτερικό γινόμενο του κάθετου διανύσματος και του διανύσματος L . Για τον υπολογισμό, παρόλο που στις σημειώσεις χρησιμοποιείται ο συντελεστής f_{att} ως $1 / (d^2)$ στη συγκεκριμένη υλοποίηση έχει γίνει η υπόθεση ότι $f_{att} = 1$ για να γίνονται πιο εμφανείς οι διαφορές στα χρώματα των pixels. Εφαρμόζοντας $f_{att} = 1 / (d^2)$ οι αποχρώσεις των pixels πλησίαζαν πολύ κοντά στο 0 με αποτέλεσμα η πάπια να φαίνεται χρωματισμένη μαύρη χωρίς να φαίνεται ο φωτισμός που εφαρμόζεται.

1.1.3 Συνάρτηση specularLight

Η συγκεκριμένη συνάρτηση υπολογίζει το φωτισμό λόγω κατοπτρικής ανάκλασης ενός σημείου P . Αρχικά στη συνάρτηση γίνεται έλεγχος για την ορθότητα των διαστάσεων των ορισμάτων. Η συνάρτηση αυτή δέχεται ως ορίσματα τα μεγέθη P , N , S , $I0$ τα οποία ορίστηκαν στην παράγραφο 1.1.2 και επιπλέον δέχεται το διάνυσμα στήλη C διάστασης 3×1 με τις συντεταγμένες του παρατηρητή, το 3×1 διάνυσμα ks με τους συντελεστές κατοπτρικής ανάκλασης για τις τρεις χρωματικές συνιστώσες στο σημείο P και την ακέραια μεταβλητή $ncoeff$ η οποία είναι ο συντελεστής Phong. Για τον υπολογισμό αυτό, αρχικά υπολογίζονται οι εξής ποσότητες: το μοναδιαίο διάνυσμα V ανάμεσα στο σημείο P και στον παρατηρητή C , για κάθε φωτεινή πηγή το μοναδιαίο διάνυσμα L , η απόσταση d και ο συντελεστής f_{att} , όπως περιγράφηκαν στην προηγούμενη συνάρτηση. Το αποτέλεσμα προκύπτει ως το άθροισμα των γινομένων ανάμεσα στην ένταση της ακτινοβολίας $I0$, το συντελεστή κατοπτρικής ανάκλασης ks , το συντελεστή f_{att} και το διάνυσμα $[(2N(N \cdot L) - L) \cdot V]^n$, όπου n ο συντελεστής Phong $ncoeff$. Και σε αυτή την περίπτωση έχει γίνει η υπόθεση ότι $f_{att} = 1$ για τους λόγους που εξηγήθηκαν προηγουμένως. Το συνολικό άθροισμα υπολογίζεται και επιστρέφεται από τη συνάρτηση.

1.2 Shading

1.2.1 Συνάρτηση findVertNormals

Η συνάρτηση αυτή υπολογίζει για κάθε κορυφή του αντικειμένου τις συντεταγμένες του normal vector της. Δέχεται ως ορίσματα τους πίνακες R και F οι οποίοι είναι οι πίνακες των συντεταγμένων και των τριγώνων αντίστοιχα. Στην αρχή, για κάθε ένα από τα T τρίγωνα, υπολογίζει το normal vector του τριγώνου με βάση τον τύπο του εξωτερικού γινομένου. Θεωρείται ότι το διάνυσμα που υπολογίζεται για το τρίγωνο, είναι το ίδιο για κάθε κορυφή του τριγώνου. Ωστόσο, κάθε σημείο που αποτελεί κορυφή μπορεί να ανήκει σε περισσότερα του ενός τρίγωνα. Για αυτό, αποθηκεύεται στον πίνακα Triangles, για κάθε ένα από τα T τρίγωνα, τα αντίστοιχα normal vectors που αντιστοιχούν σε κάθε τρίγωνο. Έπειτα, υπολογίζεται σε ποια τρίγωνα ανήκει κάθε κορυφή, αθροίζονται τα normal vectors των τριγώνων στα οποία ανήκει η κορυφή και διαρείται το άθροισμα αυτό με το σύνολο των τριγώνων στα οποία ανήκει για να κανονικοποιηθεί. Ο πίνακας Normals περιέχει το normal vector κάθε κορυφής και επιστρέφεται από τη συνάρτηση.

1.2.2 Συνάρτηση photographObject

Η συνάρτηση αυτή δημιουργεί την έγχρωμη φωτογραφία, Im, ενός 3D αντικειμένου υπολογίζοντας το χρώμα με βάση τα μοντέλα φωτισμού που περιγράφηκαν παραπάνω. Αρχικά, χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση findVertNormals υπολογίζονται τα normal vectors κάθε κορυφής του αντικειμένου και προβάλλονται όλα τα σημεία του τρισδιάστατου αντικειμένου στις δύο διαστάσεις με χρήση της συνάρτησης projectCameraKu, που έχει υλοποιηθεί και επεξηγηθεί σε προηγούμενη εργασία. Έπειτα, τα 2D σημεία προσαρμόζονται στον καμβά, με χρήση της συνάρτησης rasterize η οποία υλοποιήθηκε στην προηγούμενη εργασία που μετατρέπει τα 2D σημεία από ίντσες σε ακέραιες τιμές (pixels) για να μπορούν έτσι να απεικονιστούν. Έπειτα, γίνονται κάποιες αρχικοποιήσεις στις μεταβλητές και τους πίνακες που χρησιμοποιούνται. Αρχικοποιούνται οι διαστάσεις L, K, M, N που θα χρησιμοποιηθούν, ο πίνακας d διάστασης $L \times 1$ στον οποίο θα αποθηκευτεί το βάθος του κάθε τριγώνου υπολογισμένο ως ο μέσος όρος των βαθών των τριών κορυφών του και ένας πίνακας Y διάστασης $M \times N \times 3$ ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση της εικόνας που θα δημιουργηθεί στη συνέχεια και αρχικοποιείται με την τιμή του διανύσματος bC για κάθε χρωματική συνιστώσα. Στην προκειμένη περίπτωση δίνεται $bC = [1,1,1]$ δηλαδή το background θα είναι λευκό. Επίσης, δημιουργείται ο πίνακας correspondenceTable όπου αποθηκεύεται στην πρώτη στήλη του ο πίνακας d που περιέχει το μέσο βάθος του κάθε τριγώνου και στις στήλες 2 - 4 διατηρούνται οι δείκτες των κορυφών του κάθε τριγώνου μέσω του πίνακα F. Ο πίνακας αυτός δημιουργήθηκε με σκοπό να διατηρείται η αντιστοιχία μεταξύ των κορυφών και του βάθους του κάθε τριγώνου. Έπειτα με τη συνάρτηση sortrows ταξινομείται ο πίνακας correspondenceTable με βάση την πρώτη στήλη που περιέχει τα βάθη και διατηρώντας παράλληλα την αντιστοιχία με τις κορυφές. Στη συνέχεια, για κάθε ένα από τα K τρίγωνα, αποθηκεύονται τα εξής: ο πίνακας p (2×3) με τις συντεταγμένες των κορυφών κάθε τριγώνου, ο πίνακας Vn (3×3) με τα normal vectors της κάθε κορυφής, οι

πίνακες $kaArg$, $kdArg$, $ksArg$ (3×3) με τους συντελεστές φωτισμού όπως ορίστηκαν παραπάνω. Επίσης, δημιουργείται το διάνυσμα Pc (3×1) το οποίο περιέχει το κέντρο βάρους του τριγώνου δηλαδή το μέσο όρο των συντεταγμένων των τριών κορυφών. Η σειρά πραγματοποίησης αυτών των πράξεων γίνεται με σειρά ταξινόμησης από το μεγαλύτερο στο μικρότερο βάθος ώστε ο χρωματισμός να ξεκινήσει από τα σημεία που βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος. Τέλος, για κάθε τρίγωνο του αντικειμένου, καλείται η ανάλογη συνάρτηση shading ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής shader, δίνοντας κατάλληλα τα ορίσματα των συντεταγμένων, των κανονικών διανυσμάτων, του κέντρου μάζας, καθώς και όλων των υπόλοιπων που απαιτούνται για κάθε ξεχωριστό τρίγωνο. Αφού ολοκληρωθεί η επανάληψη για τα K τρίγωνα η `photographObject` επιστρέφει την εικόνα μέσω της μεταβλητής `Im`.

1.2.3 Συνάρτηση `shadeGouraud`

Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιεί το πλήρες μοντέλου φωτισμού που περιγράφηκε στην ενότητα 1.1 για τον υπολογισμό του χρώματος σε κάθε κορυφή του τριγώνου. Συγκεκριμένα, η συνάρτηση αυτή καλείται για κάθε τρίγωνο του αντικειμένου ξεχωριστά. Έτσι, σε κάθε τρίγωνο, έχοντας τις απαραίτητες παραμέτρους καλεί τις συναρτήσεις `ambientLight`, `diffuseLight` και `specularLight` και αθροίζει το αποτέλεσμα τους. Το αποτέλεσμα αποθηκεύεται στον πίνακα C (3×3) ο οποίος περιέχει τις χρωματικές συνιστώσες των τριών κορυφών του τριγώνου. Έπειτα, η διαδικασία χρωματισμού που ακολουθείται είναι η ίδια με τη συνάρτηση `TriPaintGouraud` η οποία υλοποιήθηκε και επεξηγήθηκε σε προηγούμενη εργασία.

1.2.4 Συνάρτηση `shadePhong`

Η συνάρτηση αυτή βασίζει την υλοποίηση της στη λογική που χρησιμοποιήθηκε και στην `triPaintGouraud` για τον υπολογισμό του χρώματος μέσω παρεμβολής. Συγκεκριμένα, ο κώδικας υλοποίησης του `scanline` αλγορίθμου παραμένει ίδιος με αυτόν της εργασίας 1 απλώς αλλάζουν οι υπολογισμοί του χρώματος κάθε pixel όπως θα επεξηγηθεί παρακάτω. Αρχικά, έχουν γίνει αλλαγές στην δομή `array` η οποία περιέχει τα στοιχεία των τριών κορυφών των τριγώνων και συγκεκριμένα έχουν προστεθεί τα πεδία `normal`, `ka`, `kd`, `ks` που περιέχουν τα κανονικά διανύσματα και τους συντελεστές ανάκλασης αντίστοιχα. Έπειτα, στη δομή `activePoints` έχουν προστεθεί τα `normal1`, `ka1`, `kd1`, `ks1` και `normal2`, `ka2`, `kd2`, `ks2` τα οποία αφορούν τα ίδια μεγέθη για να τα δύο ενεργά σημεία της εκάστοτε γραμμής σάρωσης. Στη συνέχεια, ξεκινάει ο αλγόριθμος σάρωσης ο οποίος παραμένει ίδιος με τη μόνη διαφορά να εντοπίζεται στα σημεία όπου πραγματοποιούνταν γραμμική παρεμβολή του χρώματος με την τωρινή υλοποίηση να πραγματοποιεί γραμμική παρεμβολή στα `normal vectors`, `ka`, `kd`, `ks` των κορυφών για να βρει το χρώμα των ενεργών σημείων και έπειτα γραμμική παρεμβολή στα υπολογισμένα `normal vectors`, `ka`, `kd`, `ks` των ενεργών πλευρών για να βρεί το χρώμα των εσωτερικών σημείων του τριγώνου. Στο τέλος κάθε γραμμικής παρεμβολής καλούνται οι συναρτήσεις `ambientLight`, `diffuseLight` και `specularLight` προσθέτοντας τις τιμές τους για να υπολογιστεί το χρώμα του pixel κάθε φορά.

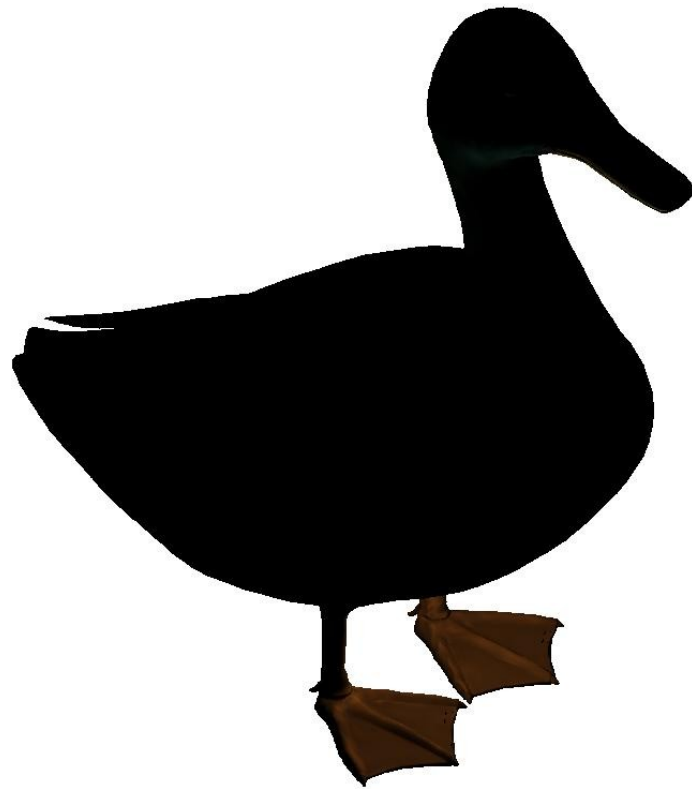
2. Ενδεικτικά αποτελέσματα & σχόλια

Για την εκτέλεση όλης της διαδικασίας φωτισμού των αντικειμένων, χρησιμοποιήθηκε η έτοιμη συνάρτηση `demo` η οποία φορτώνει τα δεδομένα που απαιτούνται από το αρχείο `hw3.mat` και στη συνέχεια καλεί την συνάρτηση `photographObject` με τα κατάλληλα ορίσματα. Ο χρόνος εκτέλεσης του `demo` είναι περίπου στα 160 δευτερόλεπτα. Όπως φαίνεται, το οπτικό αποτέλεσμα παραμένει σχεδόν ίδιο και στις περιπτώσεις Gouraud και Phong.

2.1 Gouraud Ambient



2.2 Gouraud Diffusion



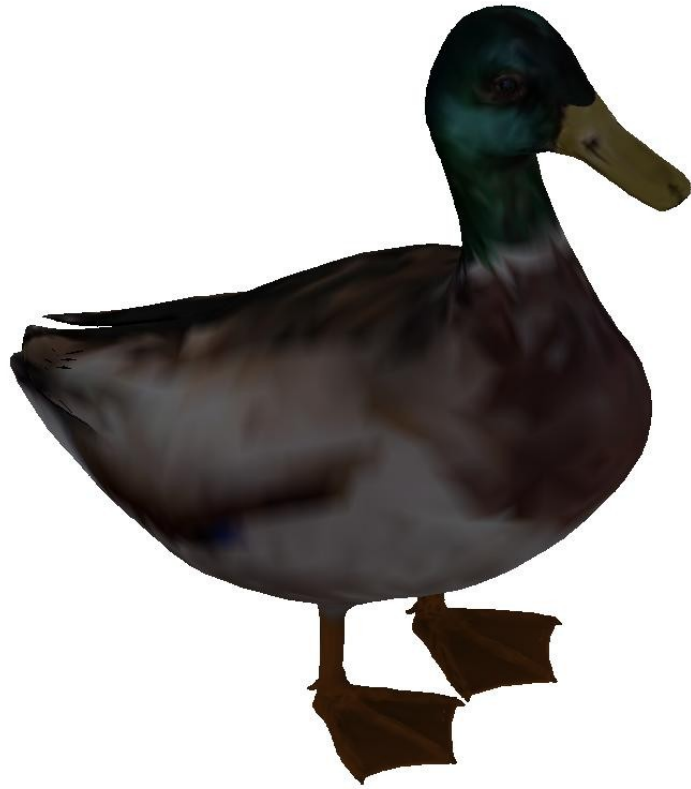
2.3 Gouraud Specular



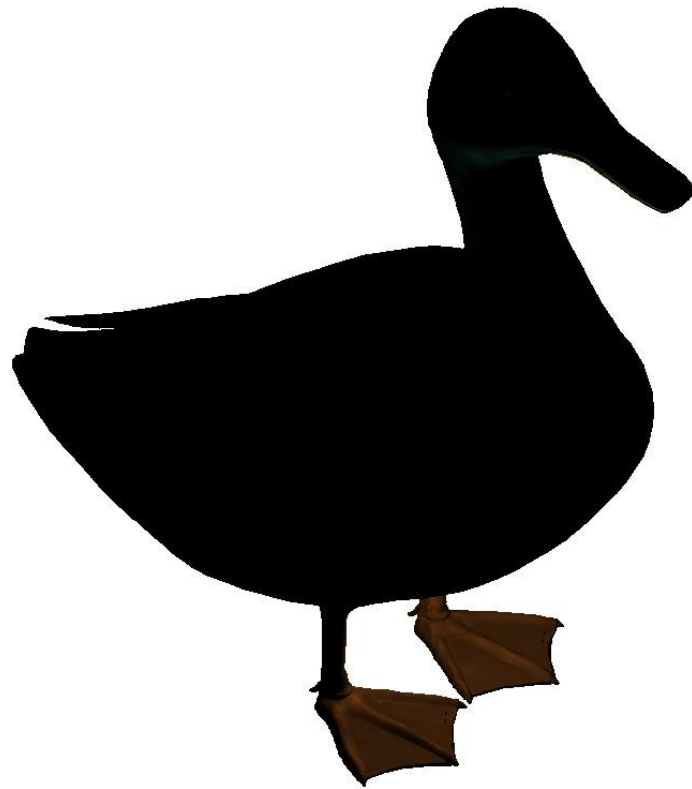
2.4 Gouraud All



2.5 Phong Ambient



2.6 Phong Diffusion



2.7 Phong Specular



2.8 Phong All

