

Γραφική με Υπολογιστές 2017

Εργασία #3: Θέαση

Στην εργασία αυτή καλείστε να χρησιμοποιήσετε τους αλγορίθμους που υλοποιήθηκαν στις δύο προηγούμενες εργασίες και παραλλαγές αυτών ώστε να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο δημιουργίας φωτογραφιών μίας εικονικής σκηνής.

Ζητούμενα

A. Φωτισμός

A.1 Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$I = \text{ambientLight}(P, k_a, I_a)$$

που υπολογίζει το φωτισμό λόγω “διάχυτου φωτός από το περιβάλλον” ενός σημείου P .

Όπου:

- P στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες του τρισδιάστατου σημείου.
- $k_a = [k_{aR}, k_{aG}, k_{aB}]^T$ το 3×1 διάνυσμα με τους συντελεστές διάχυτου φωτός για τις χρωματικές συνιστώσες για την επιφάνεια που ανήκει το P . Κάθε συνιστώσα βρίσκεται στο διάστημα $[0, 1]$.
- $I_a = [I_{aR}, I_{aG}, I_{aB}]^T$ το 3×1 διάνυσμα με την ένταση της διάχυτης φωτεινής ακτινοβολίας για κάθε συνιστώσα. Κάθε συνιστώσα βρίσκεται στο διάστημα $[0, 1]$.

Η συνάρτηση υπολογίζει την ένταση της τριχρωματικής ακτινοβολίας, $I = [I_R, I_G, I_B]^T$, που ανακλάται από το σημείο P . Η ένταση συνεισφέρει αθροιστικά στο χρώμα του σημείου.

A.2 Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$I = \text{diffuseLight}(P, N, k_d, S, I_0)$$

που υπολογίζει το φωτισμό λόγω “διάχυτης ανάκλασης” ενός σημείου P .

Όπου:

- P στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες του τρισδιάστατου σημείου.

- N στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες διανύσματος κάθετου προς την επιφάνεια στο σημείο P . Το διάνυσμα δεν είναι υποχρεωτικά μοναδιαίο και έχει φορά προς το εξωτερικό της επιφάνειας, δηλαδή, προς την πλευρά του παρατηρητή.
- $kd = [kdR, kdG, kdB]^T$ το 3×1 διάνυσμα με τους συντελεστές διάχυτης ανάκλασης για τις τρεις χρωματικές συνιστώσες για την επιφάνεια που ανήκει το P . Κάθε συνιστώσα βρίσκεται στο διάστημα $[0, 1]$.
- S πίνακας $3 \times n$ όπου κάθε στήλη αντιστοιχεί στις συντεταγμένες της i -οστής σημειακής πηγής, $1 \leq i \leq n$.
- $I0$ πίνακας $3 \times n$ όπου κάθε στήλη αντιστοιχεί στην ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας για τις τρεις χρωματικές συνιστώσες της i -οστής σημειακής πηγής. Κάθε συνιστώσα βρίσκεται στο διάστημα $[0, 1]$.

Η συνάρτηση υπολογίζει την ένταση της τριχρωματικής ακτινοβολίας, $I = [IR, IG, IB]^T$, που ανακλάται από το σημείο P . Η ένταση συνεισφέρει αθροιστικά στο χρώμα του σημείου.

A.3 Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$I = \text{specularLight}(P, N, V, ks, ncoeff, S, I0)$$

που υπολογίζει το φωτισμό λόγω “κατοπτρικής ανάκλασης” ενός σημείου P .

Όπου:

- P στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες του τρισδιάστατου σημείου.
- N στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες διανύσματος κάθετου προς την επιφάνεια στο σημείο P . Το διάνυσμα δεν είναι υποχρεωτικά μοναδιαίο και έχει φορά προς το εξωτερικό της επιφάνειας, δηλαδή, προς την πλευρά του παρατηρητή.
- V στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες του παρατηρητή.
- $ks = [ksR, ksG, ksB]^T$ το 3×1 διάνυσμα με τους συντελεστές κατοπτρικής ανάκλασης για τις τρεις χρωματικές συνιστώσες για την επιφάνεια που ανήκει το P . Κάθε συνιστώσα βρίσκεται στο διάστημα $[0, 1]$.
- $ncoeff$ είναι ο συντελεστής Phong.
- S πίνακας $3 \times n$ όπου κάθε στήλη αντιστοιχεί στις συντεταγμένες της i -οστής σημειακής πηγής, $1 \leq i \leq n$.
- $I0$ πίνακας $3 \times n$ όπου κάθε στήλη αντιστοιχεί στην ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας για τις τρεις χρωματικές συνιστώσες της i -οστής σημειακής πηγής, $1 \leq i \leq n$. Κάθε συνιστώσα βρίσκεται στο διάστημα $[0, 1]$.

Η συνάρτηση υπολογίζει την ένταση της τριχρωματικής ακτινοβολίας, $I = [IR, IG, IB]^T$, που ανακλάται από το σημείο P . Η ένταση συνεισφέρει αθροιστικά στο χρώμα του σημείου.

B. Phong shading

B.1 Έστω 3Δ αντικείμενο που αποτελείται αποκλειστικά από τρίγωνα. Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$\text{Normals} = \text{VertNormals}(\mathbf{R}, \mathbf{F})$$

όπου

- \mathbf{R} πίνακας $3 \times r$ με τις συντεταγμένες r κορυφών του αντικειμένου.
- \mathbf{F} πίνακας $3 \times K$ που περιγράφει τα τρίγωνα. Η k -οστή στήλη του \mathbf{F} περιέχει τους αύξοντες αριθμούς των κορυφών του k -οστού τριγώνου του αντικειμένου, $1 \leq k \leq K$. Η σειρά παράθεσης των κορυφών σηματοδοτεί με τον κανόνα του δεξιόστροφου κοχλία την κατεύθυνση του normal vector και άρα και προς τα πού είναι η εξωτερική πλευρά του αντικειμένου.

Η συνάρτηση υπολογίζει τον $3 \times N$ πίνακα Normals με τις συντεταγμένες των normal vectors για κάθε κορυφή του 3Δ αντικειμένου.

B.2 Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$\text{Im} = \text{PhongPhoto}(w, cv, cK, cu, bC, M, N, H, W, R, F, S, ka, kd, ks, ncoeff, Ia, Io)$$

που δημιουργεί την έγχρωμη φωτογραφία, Im , ενός 3Δ αντικειμένου υπολογίζοντας το χρώμα με βάση το φωτισμό του χρησιμοποιώντας την μέθοδο Phong shading. Για την δημιουργία της εικόνας το αντικείμενο θα προβάλλεται σε ορθογώνιο πέτασμα κάμερας με χρήση της συνάρτησης `projectKu` της εργασίας #2.

Αναλυτικότερα:

- w είναι η απόσταση του πετάσματος από το κέντρο (μετρημένη στις μονάδες που χρησιμοποιεί το σύστημα συντεταγμένων της κάμερας).
- cv το 3×1 διάνυσμα με τις συντεταγμένες του κέντρου της κάμερας.
- cK το 3×1 διάνυσμα με τις συντεταγμένες του σημείου στόχου K της κάμερας.
- cu το 3×1 μονοδιαίο up vector \mathbf{u} της κάμερας.
- bC το 3×1 διάνυσμα με τις χρωματικές συνιστώσες του φόντου (background color).
- M, N καθορίζουν την διάσταση της παραγόμενης εικόνας σε pixel (δηλαδή, $M \times N$ pixels).
- H, W περιγράφουν την φυσική διάσταση του πετάσματος της κάμερας σε μονάδες μήκος ταυτόσημες με αυτές που χρησιμοποιούνται στο σύστημα συντεταγμένων της κάμερας (δηλαδή, ορθογώνιο πέτασμα διάστασης $H \times W$).
- \mathbf{R}, \mathbf{F} όπως ορίστηκαν στην συνάρτηση `VertNormals`.
- $S, ka, kd, ks, ncoeff, Ia, Io$ όπως ορίστηκαν στην ενότητα A. Η διαφορά είναι ότι τώρα τα ka, kd, ks είναι πίνακες διάστασης $3 \times K$ με την k -οστή στήλη να περιγράφει τους συντελεστές του k -οστού τριγώνου, $1 \leq k \leq K$.

Η συνάρτηση PhongPhoto θα υλοποιεί την παρακάτω διαδικασία:

1. Υπολογίζει τα normal vectors των κορυφών του αντικειμένου χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση VertNormals.
2. Προβάλλει τις κορυφές των τριγώνων στο πέτασμα της κάμερας. Για ευκολία, τρίγωνα με κάποια κορυφή εκτός του πετάσματος δεν θα χρωματίζονται.
3. Για κάθε τρίγωνο υπολογίζει τα normal vector των αρχικών σημείων (δηλαδή, πριν την προβολή) κατά μήκος των ενεργών πλευρών εκτελώντας γραμμική παρεμβολή στα normal vector των κορυφών της πλευράς.
4. Για κάθε εσωτερικό σημείο, υπολογίζει το normal vector κατά μήκος του scan line εκτελώντας γραμμική παρεμβολή στα normal vector που αντιστοιχούν στα ενεργά σημεία της πλευράς.
5. Υπολογίζει το χρώμα κάθε σημείου χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις ambientLight, diffuseLight και specularLight.

Παρατηρήστε ότι η παραπάνω διαδικασία είναι παρόμοια με τη μεθόδου χρωματισμού τριγώνου TriPaintA που υλοποιήσατε στην εργασία #1 με την διαφορά ότι θα πρέπει να υπολογίζετε το normal vector κάθε σημείου πριν την προβολή του ώστε να υπολογίσετε το χρώμα του.

Για δεδομένο τρίγωνο, να υπολογίζετε τα διανύσματα V και L των μοντέλων φωτισμού μία φορά χρησιμοποιώντας το κέντρο βάρους του τριγώνου και να τα θεωρείτε σταθερά για όλα τα σημεία του τριγώνου. Για καλύτερο οπτικό αποτέλεσμα, χρωματίστε πρώτα τα τρίγωνα που βρίσκονται πιο μακριά από το κέντρο της κάμερας.

Παραδοτέα

- Τα προγράμματα σε μορφή **σχολιασμένου** πηγαίου κώδικα με σχόλια γραμμένα στα **αγγλικά ή greeklish**.
- Αναφορά με περιγραφή της λειτουργίας των προγραμμάτων και τα ενδεικτικά αποτελέσματα που παράγονται από τα demos.
- Δύο scripts επίδειξης με ονόματα demo2gray.m, demo3color.m τα οποία καλούνται χωρίς εξωτερικά ορίσματα, παράγουν ενδεικτικές φωτογραφίες ενός αρχαίου βάζου και τις προβάλλουν σε figure της Matlab με τη χρήση της συνάρτησης imshow. Για την εκτύπωση των ενδεικτικών αποτελεσμάτων χρησιμοποιήστε τα δεδομένα για τους πίνακες R, F, C που φορτώνοντας τα αρχεία vase_gray.mat και vase_color.mat αντίστοιχα. Οι συντεταγμένες του R είναι ως προς το WCS.

Οι φωτογραφίες να δημιουργούνται με την κλήση της συνάρτησης PhongPhoto. Θεωρείστε τα παρακάτω:

- Πέτασμα φυσικής διάστασης $H \times W = 1/2 \text{ inches} \times 2/3 \text{ inches}$ όπου δημιουργείται η φωτογραφία $M \times N = 300 \text{ pixels} \times 400 \text{ pixels}$.
- Κάμερα με $cv = [-100, -100, -10]^T$, $cK = [-30, -40, -20]^T$, $cu[0,0,1]^T$
- $w = 1 \text{ inch}$. Αν χρειαστεί δημιουργήστε και άλλη φωτογραφία τροποποιώντας το w ώστε να απεικονίζονται ολόκληρα τα βάζα.

- Για το background, $bc = [1, 1, 1]^T$ για το demo2gray.m και $bc = [0.5, 0.5, 0.5]^T$ για το demo3color.m
- Για το αντικείμενο, $ka = kd = ks = 0.5 \cdot C$.
- Για το συντελεστή Phong, $ncoeff = 3$.
- Για το διάχυτο φωτισμό, $Ia = [1, 1, 1]^T$.
- Μια σημειακή πηγή, $S = [100, -150, 120]^T$ και $I0 = [1, 1, 1]^T$.

Για να πάρετε μία ιδέα, το αντικείμενο είναι το παρακάτω:



Υποβολή εργασίας

- Υποβάλετε ένα και μόνο αρχείο, τύπου zip.
- Το όνομα του αρχείου πρέπει να είναι AEM.zip, όπου AEM είναι τα τέσσερα ψηφία του Α.Ε.Μ. του φοιτητή της ομάδας.
- Το προς υποβολή αρχείο πρέπει να περιέχει τα αρχεία κώδικα Matlab και το αρχείο report.pdf το οποίο θα είναι η αναφορά της εργασίας.
- Η αναφορά πρέπει να είναι ένα αρχείο τύπου PDF, και να έχει όνομα report.pdf.
- Όλα τα αρχεία κώδικα πρέπει να είναι αρχεία κειμένου τύπου UTF-8, και να έχουν κατάληξη .m.
- Το αρχείο τύπου zip που θα υποβάλετε δεν πρέπει να περιέχει κανένα φάκελο.
- Για την ονομασία των αρχείων που περιέχονται στο προς υποβολή αρχείο, χρησιμοποιείτε μόνο αγγλικούς χαρακτήρες, και όχι ελληνικούς ή άλλα σύμβολα, πχ “#”, “\$”, “%” κλπ.

Θα αξιολογηθούν μόνο όσες εργασίες έχουν demos που τρέχουν!