

Γραφική με Υπολογιστές 2019

Εργασία #3: Θέαση

Στην εργασία αυτή καλείστε να χρησιμοποιήσετε τους αλγορίθμους που υλοποιήθηκαν στις δύο προηγούμενες εργασίες με κάποιες αλλαγές προκειμένου να δημιουργηθεί ένα πλήρες πλαίσιο δημιουργίας φωτογραφιών μίας εικονικής σκηνής.

Ζητούμενα

A. Lighting

A.1 Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$I = \text{ambientLight}(ka, Ia)$$

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

Όπου:

- $ka = [kaR, kaG, kaB]^T$ το 3×1 διάνυσμα με τους συντελεστές διάχυτου φωτός στο σημείο P . Κάθε συνιστώσα βρίσκεται στο διάστημα $[0, 1]$.
- $Ia = [IaR, IaG, IaB]^T$ 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, $I = [IR, IG, IB]^T$, που ανακλάται από το σημείο P . Η ένταση συνεισφέρει αθροιστικά στο χρώμα του σημείου.

A.2 Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$I = \text{diffuseLight}(P, N, kd, S, I0)$$

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

Όπου:

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

- N στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες μοναδιαίου διανύσματος κάθετου προς την επιφάνεια στο σημείο P . Το διάνυσμα 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 στο σημείο 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

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

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

Όπου:

- P στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες του τριοδιάστατου σημείου.
- N στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες μοναδιαίου διανύσματος κάθετου προς την επιφάνεια στο σημείο P . Το διάνυσμα έχει φορά προς το εξωτερικό της επιφάνειας, δηλαδή, προς την πλευρά του παρατηρητή.
- C 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 στο σημείο 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. Shading

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

Normals = findVertNormals(R, F)

όπου

- R πίνακας $3 \times r$ με τις συντεταγμένες r κορυφών του αντικειμένου.
- F πίνακας $3 \times T$ που περιγράφει τα τρίγωνα. Η k -οστή στήλη του F περιέχει τους αύξοντες αριθμούς των κορυφών του k -οστού τριγώνου του αντικειμένου, $1 \leq k \leq T$. 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 $3 \times r$ πίνακα Normals με τις συντεταγμένες των normal vectors για κάθε κορυφή του 3D αντικειμένου.

B.2 Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

Im = photographObjectPhong(shader, f, C, K, u, bC, M, N, H, W, R, F, S, ka, kd, ks, ncoeff, Ia, Io)

που δημιουργεί την έγχρωμη φωτογραφία, Im, ενός 3D αντικειμένου υπολογίζοντας το χρώμα με βάση τα μοντέλα φωτισμού της ενότητας A. Συγκεκριμένα, θα υλοποιεί την παρακάτω διαδικασία:

1. Υπολογίζει τα normal vectors των κορυφών του αντικειμένου χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση findVertNormals.
2. Προβάλλει τις κορυφές των τριγώνων σε ορθογώνιο πέτασμα κάμερας με χρήση της συνάρτησης projectKu της εργασίας #2. Για ευκολία, τρίγωνα με κάποια κορυφή εκτός του πετάσματος δεν θα χρωματίζονται.
3. Καλεί επανειλημμένα τη συνάρτηση πλήρωσης που έχει επιλεγεί με βάση την τιμή της μεταβλητής shader για να χρωματίσει κάθε τρίγωνο του προβληθέντος αντικειμένου, ξεκινώντας από εκείνα με το μεγαλύτερο βάθος (όπως και στις προηγούμενες εργασίες)

Τα ορίσματα που δέχεται είναι τα εξής:

- shader είναι δυαδική μεταβλητή ελέγχου που χρησιμοποιείται για να επιλέξει τη συνάρτηση (περιγράφονται δύο στη συνέχεια) που θα χρησιμοποιηθεί για την πλήρωση των τριγώνων. Θεωρείστε ότι $shader = 1$ αντιστοιχεί σε Gouraud shading και $shader = 2$ σε Phong shading.
- f είναι η απόσταση του πετάσματος από το κέντρο (μετρημένη στις μονάδες που χρησιμοποιεί το σύστημα συντεταγμένων της κάμερας).
- C το 3×1 διάνυσμα με τις συντεταγμένες του κέντρου της κάμερας.
- K το 3×1 διάνυσμα με τις συντεταγμένες του σημείου στόχου K της κάμερας.
- u το 3×1 μονοδιαίο up vector 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 $H \times W$).
- R, F όπως ορίστηκαν στην συνάρτηση `findVertNormals`.
- $S, ka, kd, ks, ncoeff, Ia, I0$ όπως ορίστηκαν στην ενότητα A. Η διαφορά είναι ότι τώρα τα ka, kd, ks είναι πίνακες διάστασης $3 \times r$ με την i -οστή στήλη να περιγράφει τους συντελεστές της i -οστής κορυφής, $1 \leq i \leq r$.

Για δεδομένο τρίγωνο, να υπολογίζετε τα διανύσματα V και L των μοντέλων φωτισμού (με αναφορά στα σχήματα των σημειώσεων για τα μοντέλα φωτισμού¹) μία φορά χρησιμοποιώντας ως σημείο P το κέντρο βάρους του τριγώνου (πριν την προβολή του) και να τα θεωρείτε σταθερά για όλα τα σημεία του τριγώνου.

B.3 Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$Y = \text{shadeGouraud}(p, Vn, Pc, C, S, ka, kd, ks, ncoeff, Ia, I0, X)$$

που υπολογίζει το χρώμα στις κορυφές του δοθέντος τριγώνου με βάση το πλήρες μοντέλο φωτισμού (χρησιμοποιώντας δηλαδή τις συναρτήσεις `ambientLight`, `diffuseLight` και `specularLight`) και στη συνέχεια πραγματοποιεί γραμμική παρεμβολή χρώματος για την εύρεση του χρώματος στα εσωτερικά σημεία του τριγώνου, όπως η συνάρτηση `TriPaintGouraud` της εργασίας #1. Αναλυτικότερα:

- Ο πίνακας p διάστασης 2×3 περιέχει τις συντεταγμένες των κορυφών του τριγώνου μετά την προβολή τους στο πέτασμα της κάμερας.
- Ο πίνακας Vn διάστασης 3×3 περιέχει στις στήλες του τα normal vectors των κορυφών του τριγώνου.
- Το διάνυσμα Pc διάστασης 3×1 περιέχει το κέντρο βάρους του τριγώνου πριν την προβολή του.
- $C, S, ka, kd, ks, ncoeff, Ia, I0$ όπως ορίστηκαν στην ενότητα A, με μόνη διαφορά ότι τώρα τα ka, kd, ks είναι πίνακες διάστασης 3×3 με την i -οστή στήλη να περιέχει τους συντελεστές ανάκλασης της i -οστής κορυφής του τριγώνου. $1 \leq i \leq 3$.
- X είναι εικόνα (πίνακας διάστασης $M \times N \times 3$) με τυχόν προϋπάρχοντα τρίγωνα.
- Y είναι πίνακας διάστασης $M \times N \times 3$ που για τα σημεία του τριγώνου θα περιέχει τις αντίστοιχες χρωματικές συνιστώσες (Ri, Gi, Bi) καθώς και τα προϋπάρχοντα τρίγωνα της εισόδου X (επικαλύπτοντας τυχόν κοινά χρωματισμένα σημεία που προϋπήρχαν από άλλα τρίγωνα).

¹δηλαδή ως L και V εδώ εννοούνται τα διανύσματα από ένα σημείο P προς την πηγή φωτός και τον παρατηρητή αντίστοιχα, βλέπε σχήμα 8.3 σελίδα 99

B.4 Να υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$Y = \text{shadePhong}(p, Vn, Pc, C, S, ka, kd, ks, ncoeff, Ia, Io, X)$$

Η συνάρτηση αυτή θα υπολογίζει το χρώμα των σημείων του τριγώνου πραγματοποιώντας παρεμβολή τόσο στα normal vectors όσο και στους συντελεστές ανάκλασης των κορυφών. Συγκεκριμένα,

- Για το δοθέν τρίγωνο, θα 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.
- Για κάθε εσωτερικό σημείο, θα υπολογίζει το normal vector κατά μήκος του scan line εκτελώντας γραμμική παρεμβολή στα normal vector που αντιστοιχούν στα ενεργά σημεία της πλευράς.
- Παρόμοια διαδικασία θα πραγματοποιείται και για τους συντελεστές ανάκλασης ka , kd , ks .
- Έχοντας υπολογίσει το normal vector και τους συντελεστές ανάκλασης για ένα σημείο, το χρώμα του θα προκύπτει χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις `ambientLight`, `diffuseLight` και `specularLight`.

Τα ορίσματα της συνάρτησης είναι όμοια με της `shadeGouraud`.

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.
- Script επίδειξης με ονόμα `demo.m`, το οποίο θα καλείται χωρίς εξωτερικά ορίσματα και θα παράγει ενδεικτικές φωτογραφίες του αντικειμένου. Συγκεκριμένα, για κάθε επιλογή shader (Gouraud ή Phong) να παράγει και να αποθηκεύει 4 φωτογραφίες: 3 με χρήση μόνο ενός είδους φωτισμού (ambient, diffusion, specular) και μια τέταρτη με συνδυασμό όλων των προηγούμενων. Συνολικά, λοιπόν, θα πρέπει να παραχθούν 8 φωτογραφίες, 4 για κάθε shader. Για ευκολία μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το έτοιμο script επίδειξης που σας δίνεται. Οι φωτογραφίες θα δημιουργούνται με την κλήση της συνάρτησης `photographObjectPhong`. Οι τιμές όλων των μεταβλητών που θα χρειαστείτε περιέχονται στο αρχείο `hw3.mat`. Τέλος, θεωρείστε πως οι συντεταγμένες του R δίνονται ως προς το WCS.

Παρατηρήσεις

- Μην κάνετε τεχνητές περιστροφές της φωτογραφίας προκειμένου να φαίνεται “ίσιο” το αντικείμενο.
- Οι εργασίες αξιολογούνται με χρήση της base Matlab R2017a. Συνεπώς, μη χρησιμοποιείτε συναρτήσεις (π.χ. `vecnorm`, `parcluster`) που δεν περιέχονται στην έκδοση αυτή.
- Οι εργασίες είναι αυστηρά ατομικές.

- Υποβάλετε ένα και μόνο αρχείο, τύπου zip.
- Το όνομα του αρχείου πρέπει να είναι AEM.zip, όπου AEM είναι τα τέσσερα ψηφία του A.E.M. 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.

Προσοχή: Θα αξιολογηθούν μόνο όσες εργασίες έχουν demos που τρέχουν!