

Γραφική με Υπολογιστές 2024

Εργασία #3: Θέαση

Σούρλη Ελένη

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	2
A. Φωτισμός και Υλικό επιφάνειας	3
B. Shading	4
B.1. Υπολογισμός κανονικών διανυσμάτων επιφάνειας.....	4
B.2. Συνάρτηση φωτογράφισης	4
B.3. Gouraud Shading	6
B.4. Phong Shading.....	7
Γ. Ενδεικτικά Αποτελέσματα.....	7
Γ.1. Shader Gouraud	8
Γ.2. Shader Phong.....	10
<u>Figure 1 Gouraud shading combined lighting</u>	<u>8</u>
<u>Figure 2 Gouraud shading ambient lighting</u>	<u>8</u>
<u>Figure 3 Gouraud shading diffusion lighting</u>	<u>9</u>
<u>Figure 4Gouraud shading specular lighting</u>	<u>9</u>
<u>Figure 5 Phong shading combined lighting</u>	<u>10</u>
<u>Figure 6 Phong shading ambient lighting</u>	<u>10</u>
<u>Figure 7 Phong shading diffusion lighting</u>	<u>11</u>
<u>Figure 8 Phong shading specular lighting.....</u>	<u>11</u>

A. Φωτισμός και Υλικό επιφάνειας

Ζητιέται η δημιουργία συνάρτησης `light`, η οποία υπολογίζει το φωτισμό ενός σημείου `point`, το οποίο ανήκει σε μία επιφάνεια με υλικό τύπου Phong λόγω του διάχυτου φωτισμού από το περιβάλλον, διάχυτης ανάκλασης, και κατοπτρικής ανάκλασης. Δέχεται σαν ορίσματα ένα σημείο, ένα κανονικό διάνυσμα, τα χρώματα, τη θέση της κάμερας καθώς και των φωτεινών πηγών μαζί με τους συντελεστές ανάκλασης.

Πιο συγκεκριμένα:

- `point` είναι ένα διάνυσμα-στήλη 1×3 με τις συντεταγμένες του σημείου της επιφάνειας.
- `normal` είναι ένα διάνυσμα-στήλη 1×3 με τις συντεταγμένες του κανονικού διανύσματος της επιφάνειας στο σημείο `point` (δηλαδή του κάθετου διανύσματος προς την επιφάνεια). Το διάνυσμα έχει φορά προς το εξωτερικό της επιφάνειας, δηλαδή προς την πλευρά του παρατηρητή.
- `color = [cr, cg, cb]^T` είναι το 1×3 διάνυσμα με τις συνιστώσες του χρώματος του σημείου `P`. Κάθε συνιστώσα ανήκει στο διάστημα $[0, 1]$.
- `cam_pos` είναι ένα διάνυσμα-στήλη 1×3 με τις συντεταγμένες του παρατηρητή (δηλαδή της κάμερας).
- `ka` είναι ο συντελεστής διάχυτου φωτός από το περιβάλλον.
- `kd` είναι ο συντελεστής διάχυτης ανάκλασης.
- `ks` είναι ο συντελεστής κατοπτρικής ανάκλασης.
- `n` είναι η σταθερά Phong.
- `lpos` είναι η θέση μίας (ή πολλών) σημειακών πηγών φωτισμού ($N \times 3$).
- `lint` είναι η ένταση μίας (ή πολλών) σημειακών πηγών φωτισμού ($N \times 3$).

Η συνάρτηση υπολογίζει ξεχωριστά την ακτινοβολία για κάθε περίπτωση ανάκλασης ξεχωριστά, σύμφωνα με τους κατάλληλους τύπους. Τέλος, επιστρέφεται η συνολική ακτινοβολία που προέρχεται από το άθροισμα των επιμέρους.

B. Shading

B.1. Υπολογισμός κανονικών διανυσμάτων επιφάνειας

Ζητείται η δημιουργία της συνάρτησης `calculate normals`, η οποία υπολογίζει τα κάθετα διανύσματα σε κάθε κορυφή στην επιφάνεια που ορίζεται από το αντικείμενο. Δέχεται σαν ορίσματα τα τρίγωνα και τις κορυφές του αντικείμενου.

Πιο συγκεκριμένα :

- `verts` είναι ένας πίνακας $3 \times N_v$ με τις συντεταγμένες των κορυφών του αντικείμενου.
- `faces` είναι ένας πίνακας $3 \times N_T$ που περιγράφει τα τρίγωνα. Η k -οστή στήλη του `faces` περιέχει τους αύξοντες αριθμούς των κορυφών του k -οστού τριγώνου του αντικείμενου, $1 \leq k \leq N_T$. Η σειρά παράθεσης των κορυφών σηματοδοτεί με τον κανόνα του δεξιόστροφου κοχλία την κατεύθυνση του κανονικού διανύσματος και άρα και προς τα που είναι η εξωτερική πλευρά του αντικείμενου.

Σε κάθε τρίγωνο που δίνεται υπολογίζονται οι κορυφές και έπειτα οι πλευρές του. Έπειτα, καταγράφονται τα μοναδιαία διανύσματα των πλευρών και υπολογίζεται το εξωτερικό γινόμενο αυτών, που αποτελεί το κάθετο διάνυσμα κάθε κορυφής. Τέλος, επιστρέφεται ένας πίνακας με τις συντεταγμένες των κάθετων διανυσμάτων.

B.2. Συνάρτηση φωτογράφισης

Ζητείται η δημιουργία της συνάρτησης `render_object`, η οποία κατασκευάζει την έγχρωμη φωτογραφία ενός 3D αντικείμενου, υπολογίζοντας το χρώμα με βάση τα μοντέλα φωτισμού της ενότητας A. Δέχεται σαν ορίσματα τα στοιχεία της κάμερας, τα στοιχεία ανάκλασης, τα χρώματα κάθε κορυφής καθώς και τον τρόπο πλήρωσης του αντικείμενου.

Πιο συγκεκριμένα:

- `shader` είναι δυαδική μεταβλητή ελέγχου που χρησιμοποιείται για να επιλέξει τη συνάρτηση που θα χρησιμοποιηθεί για την πλήρωση των τριγώνων. (`shader = "gouraud"` αντιστοιχεί σε Gouraud shading, και `shader = "phong"` σε Phong shading).

- focal είναι η απόσταση του πετάσματος από το κέντρο της κάμερας
- eye το 3×1 διάνυσμα με τις συντεταγμένες του κέντρου της κάμερας.
- lookat το 3×1 διάνυσμα με τις συντεταγμένες του σημείου στόχου της κάμερας.
- up το 3×1 μοναδιαίο up διάνυσμα της κάμερας.
- bg_color το 3×1 διάνυσμα με τις χρωματικές συνιστώσες του φόντου.
- M, N είναι οι διαστάσεις της παραγόμενης εικόνας σε pixel (δηλαδή $M \times N$ pixels).
- H, W περιγράφουν τις φυσικές διαστάσεις του πετάσματος της κάμερας σε μονάδες μήκους ταυτόσημες με αυτές που χρησιμοποιούνται στο σύστημα συντεταγμένων της κάμερας.
- verts είναι ένας πίνακας $3 \times N_v$ με τις συντεταγμένες των κορυφών του αντικειμένου.
- verts_colors είναι ένας πίνακας $3 \times N_v$ με τις συνιστώσες του χρώματος κάθε κορυφής του αντικειμένου.
- faces όπως ορίστηκε για τη συνάρτηση calculate_normals.
- ka είναι ο συντελεστής διάχυτου φωτός από το περιβάλλον.
- kd είναι ο συντελεστής διάχυτης ανάκλασης.
- ks είναι ο συντελεστής κατοπτρικής ανάκλασης.
- n είναι η σταθερά Phong.
- lpos είναι η θέση μίας (ή πολλών) σημειακών πηγών φωτισμού ($N \times 3$).
- lint είναι η ένταση μίας (ή πολλών) σημειακών πηγών φωτισμού ($N \times 3$).
- light_amb = $[l_r, l_g, l_b]^T$ είναι το 3×1 διάνυσμα με τις συνιστώσες της έντασης της διάχυτης ακτινοβολίας του περιβάλλοντος. Κάθε συνιστώσα ανήκει στο διάστημα $[0, 1]$.

Καλείται η συνάρτηση calculate_normals για την εύρεση των κανονικών διανυσμάτων και με τη βοήθεια της συνάρτησης perspective_project (υλοποιήθηκε στη δεύτερη εργασία) προβάλλονται οι κορυφές των τριγώνων στο ορθογώνιο πέτασμα της κάμερας. Έπειτα, καλείται η κατάλληλη συνάρτηση πλήρωσης ανάλογα με τη τιμή της μεταβλητής shader. Για shader==gouraud ή shader = phong γίνεται κλήση της shade_gouraud και shade_phong αντίστοιχα. Τέλος, επιστρέφεται η έγχρωμη φωτογραφία που έχει δημιουργηθεί.

B.3. Gouraud Shading

Ζητείται η υλοποίηση της συνάρτησης `shade_gouraud`, η οποία υπολογίζει το χρώμα στις κορυφές του δοθέντος τριγώνου με βάση το πλήρες μοντέλο φωτισμού και χρησιμοποιεί γραμμική παρεμβολή χρώματος για την εύρεση του χρώματος στα εσωτερικά σημεία του τριγώνου. Δέχεται σαν ορίσματα τα στοιχεία ανάκλασης, τις συντεταγμένες των στοιχείων του τριγώνου, τις πηγές φωτισμού και την εικόνα με προϋπάρχοντα τρίγωνα.

Πιο συγκεκριμένα :

- Ο πίνακας `verts`, διάστασης 3×3 περιέχει τις συντεταγμένες των κορυφών του τριγώνου μετά την προβολή τους στο πέτασμα της κάμερας.
- Ο πίνακας `verts`n διάστασης 3×3 περιέχει στις στήλες του τα κανονικά διανύσματα των κορυφών του τριγώνου.
- Ο πίνακας `vertsc`, διάστασης 3×3 περιέχει τις συνιστώσες χρώματος για κάθε σημείο του τριγώνου.
- Το διάνυσμα `bcoords`, διάστασης 3×1 περιέχει το κέντρο βάρους του τριγώνου πριν την προβολή του.
- `cam_pos` είναι ένα διάνυσμα-στήλη 3×1 με τις συντεταγμένες του παρατηρητή (δηλαδή της κάμερας).
- `ka` είναι ο συντελεστής διάχυτου φωτός από το περιβάλλον.
- `kd` είναι ο συντελεστής διάχυτης ανάκλασης.
- `ks` είναι ο συντελεστής κατοπτρικής ανάκλασης.
- `n` είναι η σταθερά Phong.
- `lpos` είναι η θέση μίας (ή πολλών) σημειακών πηγών φωτισμού ($N \times 3$).
- `lint` είναι η ένταση μίας (ή πολλών) σημειακών πηγών φωτισμού ($N \times 3$).
- `lamb` = $[I_r, I_g, I_b]^T$ είναι το 1×3 διάνυσμα με τις συνιστώσες της έντασης της διάχυτης ακτινοβολίας του περιβάλλοντος. Κάθε συνιστώσα ανήκει στο διάστημα $[0, 1]$.

- Χ είναι εικόνα (πίνακας διάστασης $M \times N \times 3$) με τυχόν προϋπάρχοντα τρίγωνα

Υπολογίζεται το χρώμα της κάθε κορυφής και στη συνέχεια τα κανονικά διανύσματα των κορυφών του τριγώνου. Έπειτα, καλείται η συνάρτηση `light` για τον υπολογισμό της έντασης κάθε κορυφής. Τέλος, επιστρέφεται ένας πίνακας με τις χρωματικές συνιστώσες των σημείων του τριγώνου, επικαλύπτοντας τυχόν κοινά χρωματισμένα σημεία που προϋπήρχαν από άλλα τρίγωνα.

B.4. Phong Shading

Ζητείται η υλοποίηση της συνάρτησης `shade_phong`, η οποία υπολογίζει το χρώμα των σημείων του τριγώνου πραγματοποιώντας παρεμβολή τόσο στα κανονικά διανύσματα όσο και στα χρώματα των κορυφών. Δέχεται τα ίδια ορίσματα με την `shade_gouraud` που αναφέρθηκε νωρίτερα. Μέσω γραμμικής παρεμβολής στα κανονικά διανύσματα των κορυφών της πλευράς βρίσκονται τα κανονικά διανύσματα των αρχικών σημείων. Για τα εσωτερικά σημεία υπολογίζονται τα κανονικά διανύσματα με τη χρήση γραμμικής παρεμβολής στα κανονικά διανύσματα που αντιστοιχούν στα ενεργά σημεία της πλευράς. Έπειτα, το χρώμα για κάθε σημείο προκύπτει χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `light`. Τέλος, επιστρέφεται ένας πίνακας με τις χρωματικές συνιστώσες των σημείων του τριγώνου, επικαλύπτοντας τυχόν κοινά χρωματισμένα σημεία που προϋπήρχαν από άλλα τρίγωνα.

Γ. Ενδεικτικά Αποτελέσματα

Μέσω του demo που υλοποιείται διαβάζεται το αντικείμενο από το αρχείο `hw3.nrg` που δίνεται και παράγονται ενδεικτικές φωτογραφίες. Για κάθε επιλογή `shader` (Gouraud ή Phong) παράγονται και αποθηκεύονται τέσσερις φωτογραφίες. Σε κάθε είδος φωτισμού (`ambient`, `diffusion`, `specular`) αντιστοιχεί μία φωτογραφία και μια στο συνδυασμό φωτισμών.

7.1. Shader Gouraud

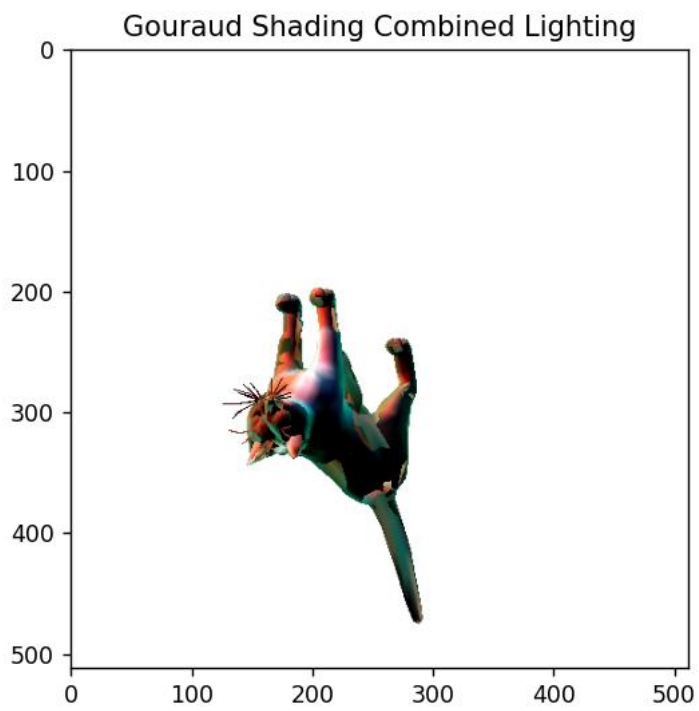


Figure 1 Gouraud shading combined lighting

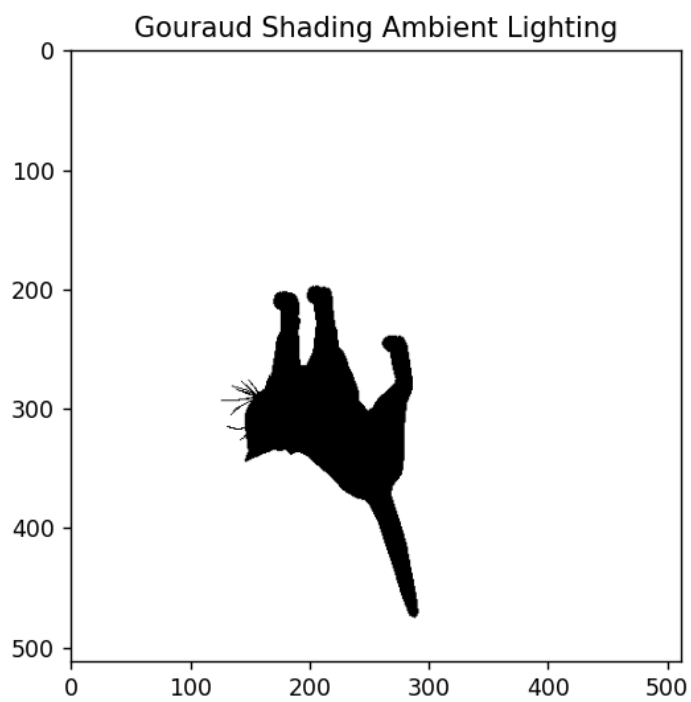


Figure 2 Gouraud shading ambient lighting

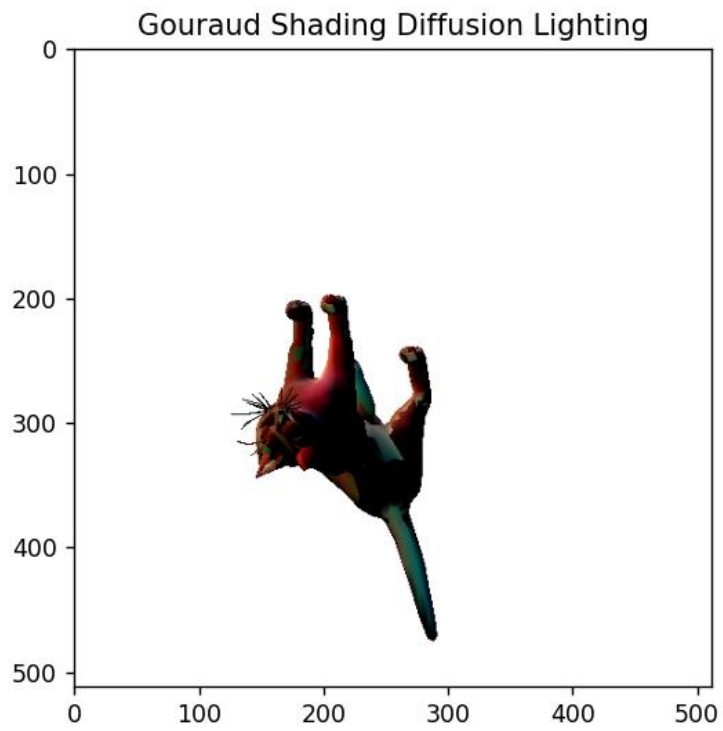


Figure 3 Gouraud shading diffusion lighting

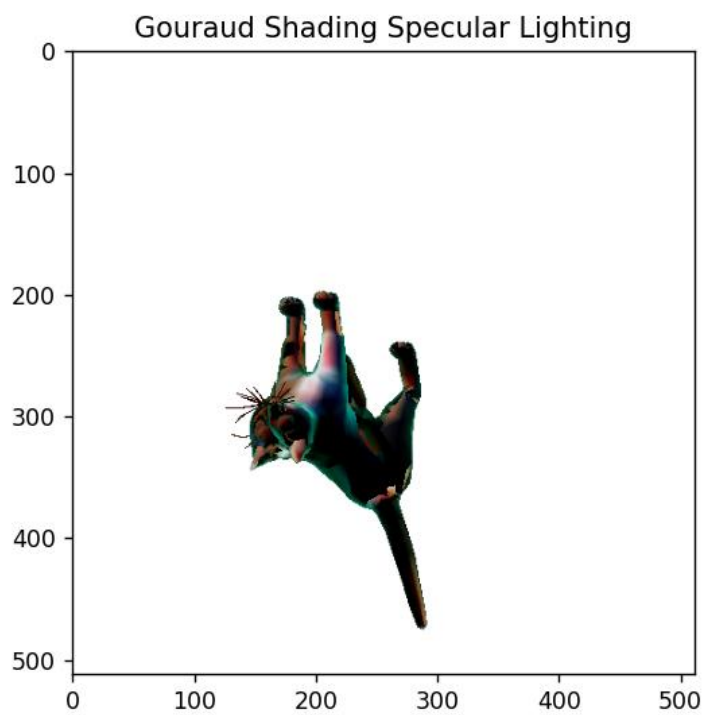


Figure 4 Gouraud shading specular lighting

7.2. Shader Phong

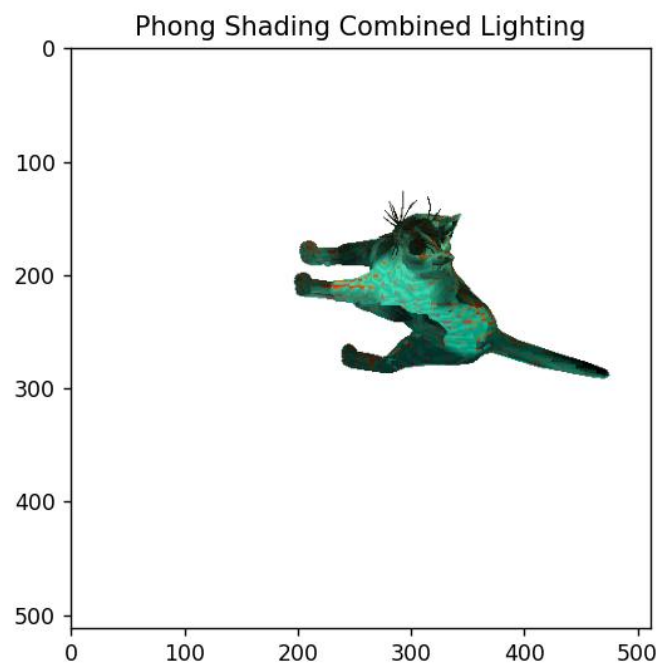


Figure 5 Phong shading combined lighting

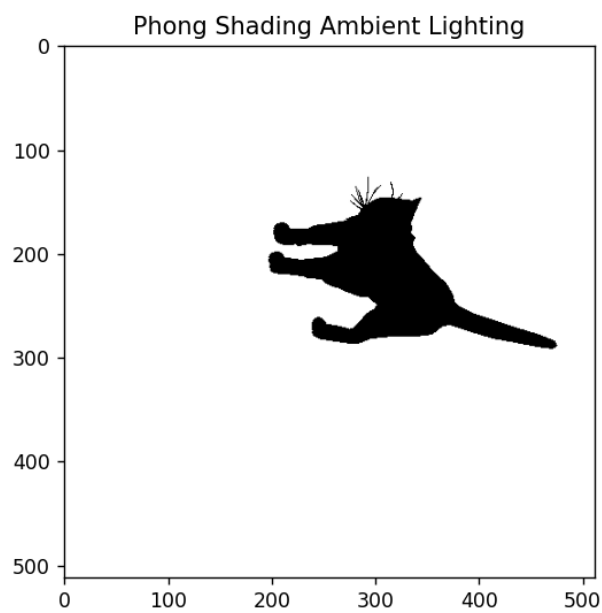


Figure 6 Phong shading ambient lighting

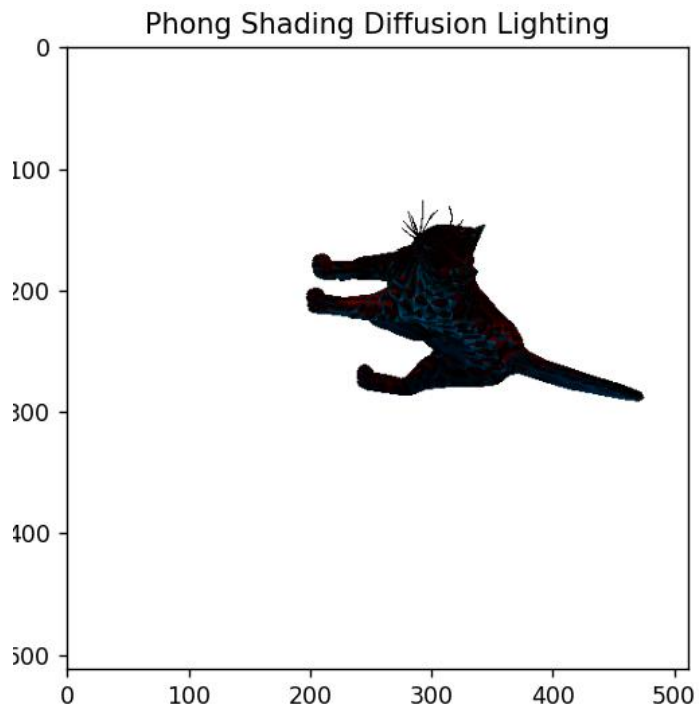


Figure 7 Phong shading diffusion lighting

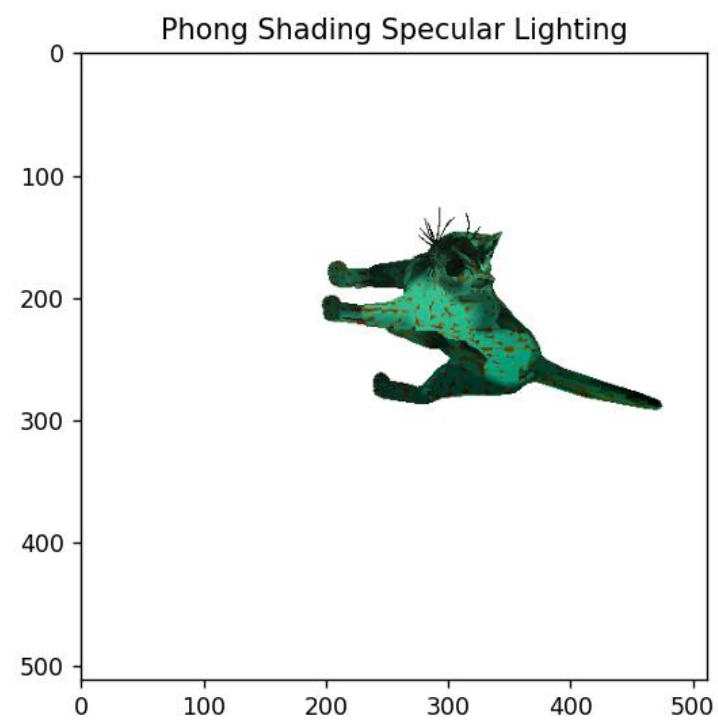


Figure 8 Phong shading specular lighting