

01/12/2013

FACULTATEA
DE
AUTOMATICA SI
CALCULATOARE

ELEMENTE DE GRAFICA PE
CALCULATOR



EGC
FACULTATEA

Laborator 7

Iluminare folosind GLSL

Lumina este un factor foarte important in redarea cat mai realista a unei scene 3D. Impreuna cu proprietatile de material ale unui obiect , lumina determina modalitatea in care obiectul este afisat in scena 3D.

Exista mai multe modele de iluminare (Phong, Gouraud, Blinn, etc) care pot fi folosite pentru a determina modul in care lumina afecteaza obiectele din scena.

Banda grafica fixa foloseste ca model de iluminare modelul Phong dar cu niste modificari si optimizari. Astfel se obtin niste efecte de iluminare cu un cost computational nu foarte ridicat.

Dezavantajul folosirii acestui model este dat de faptul ca acesta produce o iluminare apropiata de realitate numai pentru un numar mic de tipuri de materiale , in majoritatea cazurilor obiectele din scena nefiind redate foarte realist.

Odata cu aparitia benzii grafice programabile si a limbajelor de shading a devenit posibila implementarea in mod direct a diferite modele de iluminare complexe folosind direct un limbaj de nivel inalt.

Model de iluminare

Ca si model de iluminare vom prezenta in continuare un model care modifica si extinde modelul de iluminare Phong si care contine toate cele 4 componente care pot fi folosite pentru a calcula iluminarea.

Pentru a obtine astfel culoarea unui obiect iluminat vom avea urmatoarele componente :

- Componenta emisiva
- Componenta ambientala
- Componenta difuza
- Componenta speculara

Contributia fiecărei dintre aceste componente este calculata ca o combinatie dintre proprietatile de material ale obiectului (factorul de stralucire, culoarea materialului) si proprietatile sursei de lumina (culoarea sursei de lumina, pozitia sursei de lumina).

Astfel pentru culoarea finala asociata obiectului vom avea :

$$culoareObiect = emisiva + ambientala + difuza + speculara$$

În cele ce urmează prezentăm ce reprezintă cele 4 componente și cum pot fi calculate.

Pentru detalii de implementare va rugăm să citiți ultima secțiune a documentului.

Componenta emisivă

Aceasta reprezintă lumina emisă de un obiect și nu ține cont de nici o sursă de lumină. Dacă un obiect care are o anumită culoare emisivă s-ar afla într-o scenă complet întunecată atunci el ar apărea exact cu această culoare.

O utilizare des întâlnită pentru componenta emisivă este aceea de a simula strălucirea unui obiect.

Avem astfel :

$$emisivă = K_e$$

K_e – culoarea emisivă a materialului

Componenta ambientală

Aceasta reprezintă lumina care a fost reflectată de către obiectele din scenă de atât de multe ori încât pare să vină de peste tot.

Astfel lumina ambientală nu vine dintr-o direcție anume, aparând ca și cum ar veni din toate direcțiile. Din această cauză componenta ambientală este independentă de poziția sursei de lumină.

Componenta ambientală depinde de culoarea de material ambientală a obiectului și de culoarea ambientală a luminei.

Similar componentei emisive, componenta ambientală este o constantă (se poate extinde modelul atribuind fiecărei lumini din scenă o culoare ambientală).

Avem astfel :

$$ambientală = K_a * culoareaAmbientalăGlobală$$

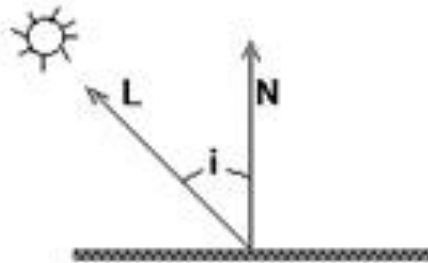
K_a – culoarea de material ambientală a obiectului

$culoareaAmbientalăGlobală$ – culoarea ambientală a luminei

Componenta difuza

Aceasta reprezinta lumina reflectata de suprafata obiectului in mod egal in toate directiile.

Cantitatea de lumina reflectata este proportionala cu unghiul de incidenta al razei de lumina cu suprafata obiectului.



Avem astfel :

$$difuza = K_d * culoareLumina * \max(N \cdot L, 0)$$

K_d - culoarea de material ambientala a obiectului

$culoareLumina$ – culoarea difuza a luminei

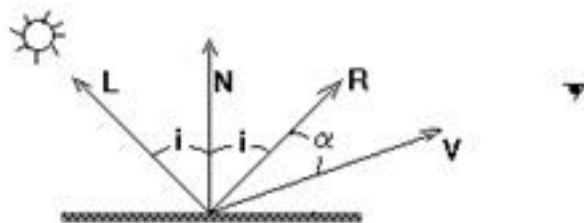
N – normala la suprafata (normalizata)

L – vectorul directiei luminii incidente (normalizat)

$\max(N \cdot L, 0)$ – produsul scalar $N \cdot L$ reprezinta masura unghiului dintre acesti 2 vectori ; astfel daca i este mai mare decat $\pi/2$ valoarea produsului scalar va fi mai mica decat 0 acest lucru insemnand ca suprafata nu primeste lumina (sursa de lumina se afla in spatele suprafetei) si de aici si formula care asigura ca in acest caz suprafata nu primeste lumina difuza

Componenta speculara

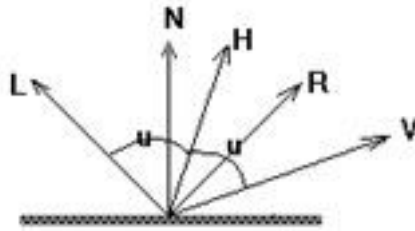
Un reflector perfect , de exemplu o oglinda , reflecta lumina numai intr-o singura directie R , care este simetrica cu L fata de normala la suprafata . Deci numai un observator situat exact pe directia respectiva va percepe raza reflectata.



Componenta speculara reprezinta lumina reflectata de suprafata obiectului numai in jurul acestei directii R .

În modelul Phong se aproximează scăderea rapidă a intensității luminii reflectate atunci când α crește prin $\cos(\alpha)^n$, unde n este exponentul de reflexie speculară al materialului (shininess).

O altă formulare a modelului Phong se bazează pe vectorul median, notat cu H . El face unghiuri egale cu L și cu V . Dacă suprafața ar fi orientată astfel încât normala să aibă direcția lui H , atunci observatorul ar percepe lumina speculară maximă (deoarece ar fi pe direcția razei reflectate specular).



Termenul care exprimă reflexia speculară este în acest caz :

$$(N \cdot H)^n \text{ unde } H = (L + V) \text{ (normalizat)}$$

Atunci când sursa de lumină și observatorul sunt la infinit, utilizarea termenului $N \cdot H$ este avantajoasă deoarece H este constant.

După cum se observa, față de celelalte 3 componente, componenta speculară depinde și de poziția observatorului.

Dacă observatorul nu se află într-o poziție unde poate vedea razele reflectate atunci nu va vedea reflexie speculară pentru zona respectivă.

Deasemenea nu va vedea reflexie speculară dacă lumina se află în spatele suprafeței.

Ținând cont de toate acestea avem pentru componenta speculară următoarea formulă :

$$speculara = K_s * culoareLumina * primeșteLumina * (\max(N \cdot H, 0))^n$$

K_s - culoarea de material speculară a obiectului

$culoareLumina$ – culoarea speculară a luminii

N – normala la suprafață (normalizată)

L – vectorul direcției luminii incidente (normalizat)

H – vectorul median (normalizat)

$primeșteLumina$ – 1 dacă $N \cdot L$ este mai mare decât 0, 0 în caz contrar

Atenuarea intensitatii luminii

Atunci când sursa de lumină punctiformă este suficient de îndepărtată de obiectele scenei vizualizate, vectorul L este același în orice punct. Sursa de lumină este numită în acest caz direcțională. Aplicând modelul pentru vizualizarea a două suprafețe paralele construite din același material, se va obține o aceeași intensitate (unghiul dintre L și normală este același pentru cele două suprafețe). Dacă proiecțiile suprafețelor se suprapun în imagine, atunci ele nu se vor distinge. Aceasta deoarece în model nu se ține cont de faptul că intensitatea luminii descrește proporțional cu inversul pătratului distanței de la sursa de lumină la obiect. Deci, obiectele mai îndepărtate de sursă sunt mai slab luminate. O posibilă corecție a modelului, care poate fi aplicată pentru surse pozitionale (la distanța finită de scena) este:

$$culoareObiect = emisiva + ambientala + factorAtenuare * (difuza + speculara)$$

$factorAtenuare = 1/d^2$ este o funcție de atenuare; d este distanța de la sursă la punctul de pe suprafață considerat.

Corecția nu satisface cazurile în care sursa este foarte îndepărtată; de asemenea, dacă sursa este la distanță foarte mică de scenă, intensitățile obținute pentru două suprafețe cu același unghi i , între L și N , vor fi mult diferite.

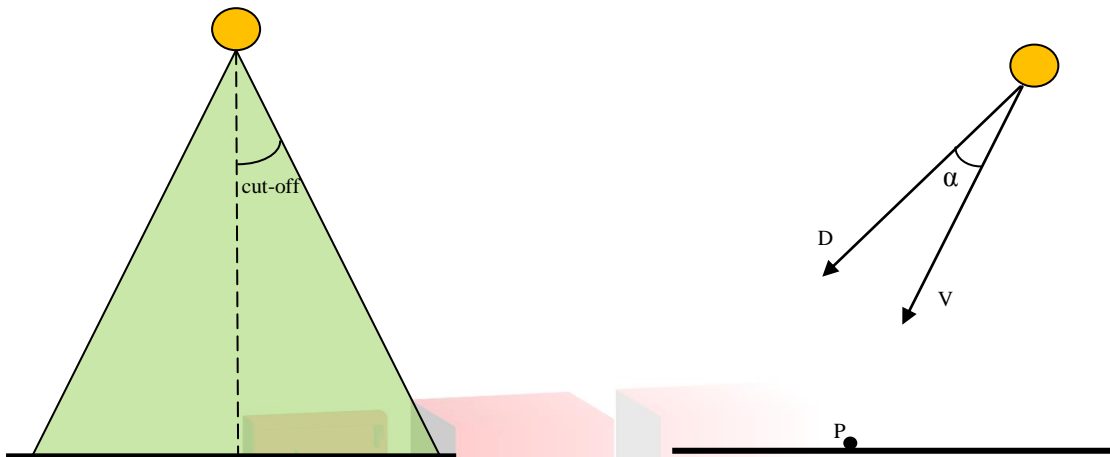
O aproximare mai bună este următoarea:

$$factorAtenuare = 1/(Kc + Kl*d + Kq*d^2)$$

unde Kc este factorul de atenuare constant, Kl este factorul de atenuare liniar și Kq este factorul de atenuare patratric.

Lumina de tip spot

Un efect interesant este acela de a face lumina sa aiba un efect de spot , astfel incat lumina sa afecteze doar obiectele ce se afla in interiorul unui con de lumina (similar cu efectul produs de exemplu de o lampa de birou).



Pentru a crea o astfel de lumina este nevoie de urmatorii parametrii :

- pozitia luminii
- directia spotului (D)
- unghiul de cut-off al spotului (controleaza “deschiderea” conului de lumina dupa cum se vede din figura de mai sus)
- pozitia punctului care se doreste a fi iluminat (P)

Astfel din aceste informatii se poate deduce si V care reprezinta vectorul directiei de la lumina la punctul P.

Pentru a determina daca punctul P se afla sau nu in conul de lumina este de ajuns sa determinam daca este indeplinita conditia :

$$\cos(\alpha) \geq \cos(\text{cut-off}) , \text{ unde } \cos(\text{cut-off}) = V \cdot D$$

Functii GLSL utile care pot fi folosite pentru implementarea modelului de iluminare

normalize(V) – normalizeaza vectorul *V*

normalize(L+V) – normalizeaza vectorul obtinut prin *L+V*

dot(N,L) – calculeaza produsul scalar dintre *N* si

pow(L, shininess) – calculeaza *L* la puterea *shininess*

max(N,V) – returneaza maximul dintre *N* si *V*

distance(P1,P2) – returneaza distanta euclidiana dintre punctele *P1* si *P2*

Pentru a afla un vector de directie normalizat avand doua puncte *X1* si *X2* :

$$\text{vec3 } L = \text{normalize}(X1-X2)$$

Detalii de implementare

Pentru simplitate, in cadrul laboratorului vom implementa modelul Gouraud (in vertex shader) si Blinn-Phong (in fragment shader) astfel :

1. Se vor calcula practic doar componentele difuze si speculare asa cum au fost prezentate anterior; componenta emisiva nu va fi folosita iar calculul componentei ambientale va fi simplificat astfel incat sa nu mai trebuiasca trimis nimic din program catre shader (mai multe detalii la punctul 3).
2. Vom folosi ca materiale pentru obiecte doar culoarea de material difuza si speculara (transmise din program catre shader) : *Ks* si *Kd*.
3. In shader vom aproxima lumina ambientala cu o *culoareAmbientalaGlobala* care va fi o constanta in shader iar in loc de *Ka* (constanta de material ambientala a obiectului) vom folosi *Kd* (constanta de material difuza a obiectului).
4. Culoarea luminii (difuza si speculara) va fi alba, deci *culoareLumina* va fi 1 si nu va mai fi necesar sa fie folosita la inmultirile din formulele de calcul pentru componentele difuza si speculara.
5. Calculele de iluminare se vor face in world space deci inainte de fi folosite, pozitia si normala vor trebui aduse din object space in world space. Acest lucru se poate face astfel :
 - pentru position : `world_pos = (model_matrix * vec4(in_position,1)).xyz;`
 - pentru normala : `world_normal = normalize(mat3(model_matrix) * in_normal);`
6. Vectorul directiei luminii *L* : `vec3 L = normalize (light_position - world_pos);`

7. Vectorul directiei din care priveste observatorul V : `vec3 v = normalize (eye_position - world_pos);`
8. Vectorul median H : `normalize(L+V)`

