

Modele de reflexie -1

Prof. univ. dr. ing. Florica Moldoveanu

Curs Elemente de Grafică pe Calculator – UPB, Automatică și Calculatoare
2020-2021

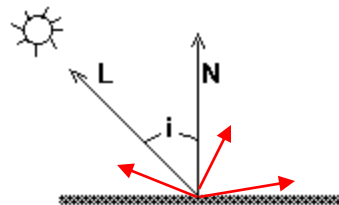
Modele empirice pentru calculul reflexiei luminii

- Caracteristicile luminii reflectate într-un punct al suprafeței unui obiect depind de :
 - lungimile de undă conținute în lumina incidentă,
 - direcția și geometria sursei luminii incidente,
 - orientarea suprafeței în punctul respectiv,
 - proprietățile materialului din care este construită suprafața.
- Expresia care modelează intensitatea luminii reflectate într-un punct al unei suprafețe este definită pentru o **lumină incidentă monocromatică**, deci caracterizată printr-o lungime de undă, λ .
- În cazul general, **lumina incidentă nu este monocromatică**, de aceea pentru calculul său expresia ar trebui să fie evaluată continuu pe întregul domeniu al spectrului luminii incidente.
- În modelele empirice, expresia se evaluează separat pentru cele trei culori primare, R, G, B.

Modelarea reflexiei difuze a luminii provenite de la o sursa

Aproximarea reflexiei difuze intr-un punct al unei suprafete 3D

- Lumina reflectată difuz de o suprafață este dispersată regulat în toate direcțiile.
- **Legea lui Lambert** definește reflexia luminii provenite de la o **sursă punctiformă**, de către un difuzor perfect:



Reflexia difuza

$$I_d = I_{\text{sursa}} * k_d * \cos(i) \quad 0 \leq i \leq \pi/2$$

N – normala la suprafata in punctul considerat

I_{sursa} – este intensitatea luminii incidente (provenita de la sursa de lumina)

k_d – este coeficientul de difuzie a luminii incidente, dependent de materialul suprafetei: suprafata reflecta/absoarbe/transmite lumina in anumite proportii: $0 \leq k_d \leq 1$

I_d este intensitatea luminii reflectate difuz de suprafata

- Dacă i este mai mare ca $\pi/2$, suprafața nu primește lumină de la sursă (sursa de lumină se află în spatele suprafeței).

Modelarea reflexiei luminii ambiante

Lumina ambianta

- Modeleaza lumina provenita de la celelalte obiecte ale scenei 3D: este o sursa de lumina distribuita uniform in spatiu.
- Lumina ambianta este reflectata la fel in orice punct al unei suprafete. Intensitatea sa depinde de intensitatea luminii ambiante si de proprietatile suprafetei.
- Reflexia luminii ambiante este modelata prin:
 $I_a * k_a$, unde
 I_a – este intensitatea luminii ambiante iar
 $0 \leq k_a \leq 1$ este coeficientul de difuzie a luminii ambiante, dependent de materialul suprafetei.

Atunci:

I_d – intensitatea luminii reflectate difuz intr-un punct al unei suprafete

$I_d = \text{reflexia luminii ambiante} + \text{reflexia difuza a luminii de la sursa} = I_a * k_a + I_{\text{sursa}} * k_d * \cos(i)$

$$0 \leq i \leq \pi/2$$

Modelarea atenuării luminii de la o sursa

Sursa direțională: sursa aflată la distanța foarte mare (infinit) de scena 3D

- Vectorul L este același în orice punct al suprafeței
- Pentru 2 suprafețe paralele, cu aceleași proprietăți de material, rezultă aceeași $I_d \rightarrow$ dacă proiecțiile suprafețelor se suprapun în imagine, ele nu se vor distinge.

❖ **Intensitatea luminii descrește proporțional cu inversul pătratului distanței de la sursa de lumină la suprafața.**

$I_d = I_a * k_a + \text{fat} * I_{\text{sursa}} * k_d * \cos(i)$, unde **$\text{fat} = 1/d^2$ este funcția de atenuare a luminii de la o sursa**
 d este distanța de la sursă la punctul de pe suprafață considerat.

- Corecția nu satisface cazurile în care sursa este foarte îndepărtată: atenuare prea mare
- Dacă sursa este la distanță foarte mică de scenă, atenuările obținute pentru două suprafețe aflate la distanțe puțin diferite de sursa, vor fi mult diferite.
- În practică se folosește factorul de atenuare: **$\text{fat} = \min(1/(c_1 + c_2*d + c_3*d^2), 1)$**
 c_1, c_2 și c_3 sunt trei constante care se asociază sursei de lumină.
- Constanta c_1 se alege astfel încât numitorul să nu devină prea mic atunci când sursa este foarte apropiată. Valoarea funcției este limitată la 1 pentru a se asigura atenuarea.

Culoarea luminii reflectate difuz (1)

- Lumina incidenta poate contine mai multe lungimi de unda: → reflectate in mod diferit de o suprafata

$C_{\text{sursa}} = [I_{\text{sursaR}}, I_{\text{sursaG}}, I_{\text{sursaB}}]$ – culoarea luminii sursei

$C_a = [I_aR, I_aG, I_aB]$ – culoarea luminii ambientale

- O suprafata reflecta in mod diferit componentele R, G, B ale luminii incidente.
- ❖ Ex: o suprafata care absoarbe din lumina incidenta componentele de verde (G) si albastru (B):
 - Daca lumina incidenta este alba, suprafata va fi vazuta ca rosie:
 $[1,1,1] - [0,1,1] = [1,0,0]$
 - Daca lumina incidenta este rosie, suprafata va fi vazuta tot ca rosie:
 $[1,0,0] - [0,1,1] = [1,0,0]$ (componentele G si B au valoarea zero – nu pot fi extrase)
 - Daca lumina incidenta este verde, suprafata va fi vazuta ca neagra (componenta verde a fost absorbita): $[0,1,0] - [0,1,1] = [0,0,0]$
- Rezulta: reflexia difuza a luminii de catre o suprafata depinde de componentele luminii incidente si de proprietatile suprafetei.

Culoarea luminii reflectate difuz (2)

Fie, pentru o suprafață:

$k_a = [k_{aR}, k_{aG}, k_{aB}]$ – coeficientii de difuzie a componentelor R, G, B din lumina ambientala

$k_d = [k_{dR}, k_{dG}, k_{dB}]$ – coeficientii de difuzie a componentelor R, G, B din lumina de la sursa

- Expresia luminii reflectate difuz se evalueaza separat pentru cele 3 componente ale luminii incidente, R,G,B:

$$I_{d\lambda} = I_{a\lambda} * k_{a\lambda} + f_{at} * I_{sursa\lambda} * k_{d\lambda} * \cos(i), \text{ unde } \lambda: \text{lungimea de unda}$$

sau:

- ❖ $C_d = [I_{dR}, I_{dG}, I_{dB}]$ - culoarea luminii reflectate difuz

$$C_d = [I_{aR} * k_{aR} + f_{at} * I_{sursaR} * k_{dR} * \cos(i), I_{aG} * k_{aG} + f_{at} * I_{sursaG} * k_{dG} * \cos(i), \\ I_{aB} * k_{aB} + f_{at} * I_{sursaB} * k_{dB} * \cos(i)]$$

- ❖ k_a (k_{aR}, k_{aG}, k_{aB}) si k_d (k_{dR}, k_{dG}, k_{dB}) sunt caracteristici ale materialului suprafetei, numite în OpenGL: culoarea ambientala si culoarea difuza a materialului.

Modelarea reflexiei difuze

- Stiind că

$$\cos(i) = \frac{L \cdot N}{(|L| \cdot |N|)} = L_u \cdot N_u$$

unde: N este normala la suprafata in P

L este vectorul din P catre sursa de lumina

$(L \cdot N)$ – produsul scalar al vectorilor L, N

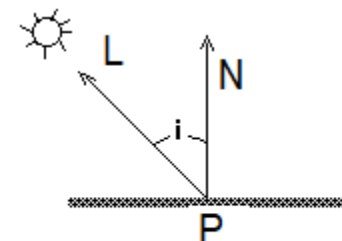
- Rezulta ecuatia care modeleaza lumina reflectata difuz în punctul P:

$$\diamond Id_\lambda = I_{a\lambda} * k_{a\lambda} + f_{at} * I_{sursa\lambda} * k_{d\lambda} * (L_u \cdot N_u)$$

$C_d = [Id_R, Id_G, Id_B]$ – culoarea luminii reflectate difuz

Pentru a include si cazul in care $i > \pi/2$ (lumina de la sursa nu ajunge in punctul P):

$$Id_\lambda = I_{a\lambda} * k_{a\lambda} + f_{at} * I_{sursa\lambda} * k_{d\lambda} * \max((L_u \cdot N_u), 0)$$



Reflexia difuza in punctul P