Модель Блинна-Фонга

Быковских Дмитрий Александрович

02.12.2023

(□) (□) (□) (□) (□) (□) (□)

Модель Блинна-Фонга

2023-12-27

Модель Блинна-Фонга

Быковских Дмитрий Александрович 02:12:2023

Введение

Модель освещения Фонга является простой, популярной и широко известной в компьютерной графике.

Описание модели было представлено в следующей статье Bui Tuong Phong "Illumination for Computer Generated Pictures" University of Utah (1975 г.)

Модель Блинна-Фонга

∟Введение

2023-1

Введение

Модель освещения Фонга вклеется простой, популярной и широи известной в компьютерной графики. Описание модели было прадставляно в следующей статье Bui Tuong Phong "flumination for Computer Generated Pictures" University of Ush (1975 г.)

Введение

В основе модели освещения Блинна-Фонга лежит алгоритм приближенного расчета интенсивности света на поверхности объектов. Эта модель была предложена в 1977 году Блинном и Фонгом. Один из вариантов рабочей формулы:

$$I = I_a k_a + \sum_{i=1}^m \frac{I_{l_j}}{d+k} \left[k_d (n_j \cdot L_j) + k_s (R_j \cdot v)^n \right]$$

4 D > 4 A > 4 B > 4 B > B = 990

Модель Блинна-Фонга

∟Введение

в основе водели освещения Блинна-Фонга лежит алгоритм риблименного расчета интенсивности света на поверхности объектов. та модель была предложена в 1977 году Блиннов и Фонгом. Томы из възвържноте побъема бълматична.

 $I = I_2 k_2 + \sum_{j=1}^{m} \frac{I_{ij}}{d+k} \left[k_d(n_j \cdot L_j) + k_d(R_j \cdot v)^a \right]$

Состоит из следующих частей:

- Источник света (ИС) I_{l_i} ;
 - Интенсивность излучения /;
 - Функция радиального затухания $\frac{1}{d+k}$;
- Свойства поверхности k_a, k_d, k_s ;
 - Фоновое освещение I_a ;
 - Диффузное рассеивание $(n_i \cdot L_i)$;
 - Зеркальное рассеивание $(R_j \cdot v)^n$.

Комбинация этих компонентов позволяет создавать более реалистичные изображения трехмерных объектов с учетом их взаимодействия с источниками света.

Источники света (ИС)

ИС — любой объект, излучающий энергию.

Типы источников света:

- Источники направленного света;
- Точечные ИС;
- Прожекторы.



Модель Блинна-Фонга

2023-12-27

Источники света (ИС)

ИС — любой объект, излучающий энергию. Тилы источников света:

- Источники направленного света;
- Точечные ИС:
- Прожекторы.

Интенсивность излучения

Быковских Д.А

Интенсивность излучения - это физическая величина, характеризующая мощность электромагнитного излучения (например, света) в определенном направлении от источника.

Она измеряется в ваттах на квадратный метр (BT/M^2) .

Математически интенсивность излучения (1) может быть выражена с использованием формулы:

$$I=\frac{P}{A}$$

где P — мощность излучения (в ваттах), A — площадь, через которую проходит излучение (в M^2).

Модель Блинна-Фонга

4 D > 4 B > 4 B > 4 B > B 02.12.2023

5/19

Модель Блинна-Фонга

-Интенсивность излучения

Она измеряется в ваттах на квадратный метр (Вт/м²) где P — мощность излучения (в ваттах), A — площадь, через котору

Интенсивность излучения

Значение для каждой компоненты цвета считается независимо, т.е. $I = (I_r, I_{\sigma}, I_{b}).$

Суммарное освещение

$$I = k_e + k_a I_a + \sum_j I_j,$$

где k_e — способность материала излучать свет; $k_a l_a$ — глобальную фоновую освещенность сцены; I_i — вклад вносимый j-м ИС.

Источники направленного света

Быковских Д.А

Направленные световые источники (Directional Lights): Это источники света, которые моделируют бесконечно удаленный источник света, такой как солнце. Лучи света параллельны друг другу и идут в определенном направлении. Они используются для создания резких теней и подчеркивания форм объектов.

Модель Блинна-Фонга

4 D > 4 B > 4 B > 4 B > 9 Q P

6/19

02.12.2023

Модель Блинна-Фонга

2023-

-Источники направленного света

равленные световые источники (Directional Lights): Это источники, отпорые моделируют босконечно удаленный источник света, гій как солнарь. Лучи света параллельны друг другу и идут в оделенном направленни. Оме используются для созданням реажи

Источники направленного света

Рис. 1: Источник направленного света

Точечные ИС

Спот-свет (Spotlights): Эти источники света создают конус света, направленный в определенном направлении. Они эффективны для выделения конкретных объектов или областей в сцене. Спот-свет может имитировать направленные лучи фар автомобилей или прожекторы на сцене.

Модель Блинна-Фонга

2023-1

-Точечные ИС

Constant (Sastista) 3m resources constant constant

может имитировать направленные лучи фар автомобилей или

Точечные ИС

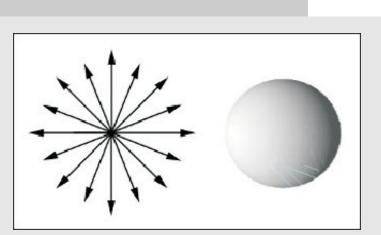


Рис. 2: Точечный ИС

Амплитуда затухания

Затухание (Attenuation): Учитывает затухание света с увеличением расстояния между источником света и поверхностью.

Чем дальше расположен объект от ИС, тем слабее интенсивность света на поверхности этого объекта.

Амплитуда затухания определяется функцией радиального затухания:

$$f(d_I) \sim \frac{1}{d_I^2},$$

где d_I — расстояние от объекта до ИС. Но на практике применяют следующую функцию

$$f(d_l) = egin{cases} rac{1}{a_0 + a_1 d_l + a_2 d_l^2}, ext{для локальных ИС} \ 1, ext{для бесконечно-удаленных ИС} \end{cases}$$

4 D > 4 A > 4 B > 4 B > B

Модель Блинна-Фонга

2023-1

-Амплитуда затухания

Амплитуда затухания света на поверхности этого объекта.

Затухание (Attenuation): Учитывает затухание света с увеличения расстояния между источником света и поверхностью. бем дальше расположен объект от ИС, тем слабее интенсивност

милитуда затухания определяется функцией радиального затухания
$$\ell(d_i) \sim \frac{1}{d_i^2},$$

где d. — расстояние от объекта до ИС. Но на практике применяют следующую функцию

 $f(d_l) = \begin{cases} \frac{1}{a_0 + a_1 d_1 + a_2 d_1^2}, \text{ and nonamental MC} \end{cases}$

Прожекторы

Прожекторы (Projectors): Прожекторы в компьютерной графике используются для проецирования текстур или изображений на поверхности объектов в сцене. Они также могут быть настроены на создание направленного света в определенных направлениях.

$$f(\phi) = \left\lceil \frac{(v_o, v_l)}{|v_o||v_l|} \right\rceil^{a_l},$$

где $0 \le \phi \le \theta$.

Модель Блинна-Фонга

2023-1

–Прожекторы

Променторы

Применторы (Рофилов), Променторы в неали-герова графии в сосможнуются раз профирования тестур или вображений в поверхности объекта в сцени. Они также вогут быть пастроны на создания випраменного сегтя в опряделенного перата в страсти приментация в составляющей сеття в справодне параменного сеття в опряделенного перата в страсти применторы $\Gamma(\phi) = \left[\frac{(p_{\alpha}, p_{\alpha})}{2}\right]^{2\alpha}$.

где $0 \le \phi \le \theta$.

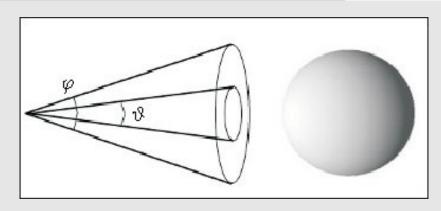


Рис. 3: Прожекторы



Интенсивность углового затухания

Угловое затухание интенсивности — явление, при котором интенсивность света затухает по мере увеличения угла между направлением, из которого свет падает, и нормалью к поверхности. Математически угловое затухание интенсивности часто выражается с использованием косинуса угла между направлением света и нормалью к поверхности. Если ϕ — угол между направлением света и нормалью, то угловое затухание может быть выражено следующим образом:

$$f(\phi) = \cos^{a_l} \phi$$

Здесь представляет собой коэффициент углового затухания, который уменьшает интенсивность света по мере увеличения угла. Когда свет падает под прямым углом (угол), угловое затухание равно 1, и свет не затухает. При увеличении угла, значение косинуса уменьшается, что приводит к уменьшению интенсивности света.

◆□ ト ◆圖 ト ◆ 園 ト ◆ 園 ト □ 夏

Модель Блинна-Фонга

2023-

-Интенсивность углового затухания

EUTODOWNOOTS, CROTS SSTOYSOT ON MORE VEGTWARKER VEGS MOWING аправлением, из которого свет падает, и нормалью к поверхности Латематически угловое затухание интенсивности часто выражается использованием косинуса угла между направлением света и нормаль го угловое затухание может быть выражено следующим образом:

Зресь представляет собой коэффициент углового затухания, который уменьшает интенсивность света по мере увеличения угла. Когда свет падает под прямым углом (угол), угловое затухание равно 1, и свет н ватужает. При увеличении угла, значение косинуса уменьшается, что

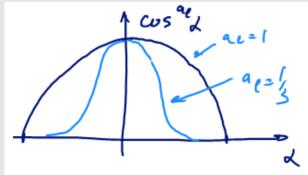


Рис. 4: Интенсивность углового затухания в зависимости от а

Быковских Д.А

Модель Блинна-Фонга

02.12.2023

10 / 19

Эффекты освещения поверхности

В компьютерной графике эффекты освещения поверхности важны для создания реалистичных и привлекательных визуальных изображений. Эти эффекты обусловлены взаимодействием света с материалами поверхности объектов. Вот несколько основных эффектов освещения поверхности:

- Фоновое освещение (Ambient Occlusion, K_a);
- Рассеянное освещение (Diffuse Lighting, K_d);
- Зеркальное отражение (Specular Reflection, K_s);
- Отраженный свет (Reflection);
- Преломление (Refraction);
- Тени (Shadows);
- Глосс (Gloss).



2023-

-Эффекты освещения поверхности

Модель Блинна-Фонга

Эффекты освещения поверхности

В компьютерной графике эффекты освещения преерхности важны д создания реалистичных и привлекательных визуальных изображений Эти эффекты обусловлены взаимодействием света с материалами товерхности объектов. Вот несколько основных эффектов освещения

- Фоновое освещение (Ambient Occlusion, К.):
- Рассеянное освещение (Diffuse Lighting, K_d);
- Зеркальное отражение (Specular Reflection, К.);
- Отраженный свет (Reflection)
- Преломление (Refraction):

 Тени (Shadows); • Frocc (Gloss).

Отраженный свет (Reflection): Эффект отраженного света моделирует отражение окружающей среды на поверхности объекта. Это может включать отражение других объектов, окружения или облаков.

Преломление (Refraction): Когда свет проходит через прозрачные материалы, происходит преломление. Этот эффект приводит к изменению направления света и созданию искажений на границе между материалами с разными оптическими свойствами.

Teни (Shadows): Тени создаются благодаря препятствиям, которые мешают свету достигнуть определенных областей поверхности. Тени важны для добавления глубины и реализма в изображения.

Глосс (Gloss): Этот эффект описывает степень блеска или матовости поверхности. Гладкие и блестящие поверхности имеют низкую степень матовости, в то время как матовые материалы выглядят более матовыми.

Свойства материала

Когда речь идет о свойствах материала в приложении к освещению, то имеется в виду его способность воспринимать каждую из трех компонент цвета каждой составляющей освещенности. Дополнительно, материал может сам излучать свет. Т.о. цветовые свойства материала задаются коэффициентами, которые объединяются в тройки:

 k_a — свойство материала воспринимать фоновое освещение;

 k_d — свойство материала воспринимать рассеянное освещение;

 k_s — свойство материала воспринимать зеркальное освещение.

4 D > 4 B > 4 B > B :

2023-

Модель Блинна-Фонга

-Свойства материала

Свойства материала

Когда речь идет о свойствах материала в приложении к освещению имеется в виду его способность воспринимать каждую из трех омпонент цвета каждой составляющей освещенности. Дополнительн материал может сам излучать свет. Т.о. цветовые свойства материал вадаются коэффициентами, которые объединяются в тройки:

 к_а — свойство материала воспринимать фоновое освещение; — свойство материала воспринимать рассеянное освещение

К₆ — свойство материала воспринимать зеркальное освещение

К свойствам материала добавляются еще коэффициенты:

 k_e — свойство материала излучать свет;

 k_{α} — прозрачность;

 β — коэффициент блеска.

Вычисление угла между отраженным лучом и направлением на наблюдателя

Угол между отраженным лучом и направлением на наблюдателя можно рассчитать по следующей формуле:

$$R+L=2(N\cdot L)N$$

$$R = 2(N \cdot L)N - L$$

Скалярное произведение $(R \cdot V)$ рассчитывается по формуле:

$$(R \cdot V) = 2(N \cdot L)(N \cdot V) - (L \cdot V)$$

Модель Блинна-Фонга

2023-1

- Вычисление угла между отраженным лучом направлением на наблюдателя

Вычисление угла между отраженным лучом и направлением на наблюдателя

Угол между отраженным лучом и направлением на наблюдатег можно рассчитать по следующей формуле:

 $R + L = 2(N \cdot L)N$ $R = 2(N \cdot L)N - L$ алярное произведение $(R \cdot V)$ расс-илънвается по форму $(R \cdot V) = 2(N \cdot L)(N \cdot V) - (L \cdot V)$

R

Рис. 5: Векторы в модели освещенности Блинна

Фоновое освещение

$$I_a = k_a I_a$$

где I_a — фоновая составляющая освещенности в точке; k_a — свойство материала воспринимать фоновое освещение; I_a — мощность фонового освещения.

фоновая составляющая освещенности не зависит от пространственных координат освещаемой точки и источника. Поэтому при моделировании освещения, в большинстве случае, не имеет смысла брать более одного фонового источника света. Часто просто задается некое глобальное фоновое освещение всей сцены.

4□ > 4□ > 4□ > 4□ > 4□ > 9

Модель Блинна-Фонга

2023-1

-Фоновое освещение

1 - 61

где l_a — фоновая составляющая освещенности в точие; k_a — свойство материала воспринимать фоновое освещение; l_a — мощность фоновое освещение;

фоновая составляющая освещенности не зависит от пространственны координат освещений точки и источных. Поэтому при моделировании освещения, а большинстве случае, не имеет смыста брать болне одного фонового источника света. Часто просто задаетс некое глобальное devonee освещение всей свены.

Фоновое освещения

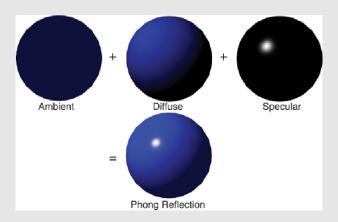


Рис. 6: Виды отражений

Рассеянный свет

Рассеянное освещение (Diffuse Reflection): Описывает равномерное рассеивание света от поверхности во всех направлениях. Интенсивность рассеянного света зависит от угла между нормалью к поверхности и направлением света.

$$I_d = k_d (L \cdot N) I_d$$

где I_d — рассеянная составляющая освещенности в точке; k_d — свойство материала воспринимать рассеянное освещение; I_d — мощность рассеянного освещения; L — направление из точки на источник; N — вектор нормали в точке.

Модель Блинна-Фонга

2023-1

-Рассеянный свет

Рассеянное освещение (Diffuse Reflection): Описывает равномерное рассемвания света от поверхности во всех направаннях. Интексителсть зассенито света завестот чута между ноовально к

Рассеянный свет

 $I_d = k_d(L \cdot N)I_d$

оверхности и направлением света.

где I_d — рассеянная составляющая освещенности в точке; I_d — свойство материала воспринимать рассеянное освещение; I_d — мощность рассеянного освещения; L — направление из точки и моточных: N — васто могмали в точке

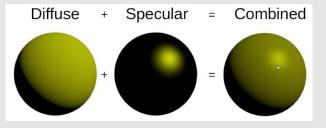


Рис. 7: Виды отражений

Зеркальное отражение

Зеркальное отражение (Specular Reflection): Моделирует отражение света от блестящих или гладких поверхностей. Этот компонент создает яркие блики на поверхности и зависит от угла между направлением обзора (направление, с которого наблюдается поверхность) и направлением отраженного света.

$$I_s = k_s \cos^{\alpha}(R, V)I_s = k_s(R \cdot V)^{\alpha}I_s,$$

где I_5 — зеркальная составляющая освещенности в точке; k_5 коэффициент зеркального отражения; I_d — мощность зеркального освещения; R — направление отраженного луча; V — направление на наблюдателя; α — коэффициент блеска, свойство материала.



Модель Блинна-Фонга

обзора (направление, с которого наблюдается поверхность) и $I_g = k_g \cos^{\alpha}(R, V)I_g = k_g(R \cdot V)^{\alpha}I_g$ где I. — зеркальная составляющая освещенности в точке: k. —

Зеркальное отражени

коэффициент зеркального отражения; I_d — мощность зеркальног

-Зеркальное отражение

Именно зеркальное отражение представляет наибольший интерес, но в то же время его расчет требует больших вычислительных затрат. При фиксированном положении поверхности относительно источников света фоновая и рассеянные составляющие освещения могут быть просчитаны единожды для всей сцены, т.к. их значение не зависит от направления взгляда. С зеркальной составляющей этот фокус не сработает и придется пересчитывать её каждый раз, когда взгляд меняет свое направление.

Во всех вычислениях выше, для рассеянной и зеркальной компонент, если скалярное произведение в правой части меньше нуля, то соответствующая компонента освещенности полагается равной нулю.

Модель освещения и методы затенения

$$I = k_e + I_a k_a + \sum_{i=1}^m \frac{I_{l_j}}{d+k} \left[k_d (n_j \cdot L_j) + k_s (R_j \cdot v)^{\alpha} \right],$$

где I — интенсивность излучения; k_e — способность материала излучать свет; I_a — интенсивность поглощения (absorption coefficient); k_a — коэффициент поглощения; I_{l_j} — интенсивность ИС; d — расстояние от ИС до объекта; k — константана (трюк, чем ближе, тем больше величина); k_d — коэффициент диффузного отражения; k_s — коэффициент зеркального отражения; α — коэффициент блеска, свойство материала; n_j — нормаль; L_j — вектор направления на ИС; R_j — вектор отражения ИС; ν — вектор направления камеры или точки обзора; m — количество ИС.

Сравнение простейших методов затенения:

В методе плоского затенения освещение вычисляется один раз для каждого полигона в сцене.

В метоле ээтенения по Фонгу пла кажпой вершины Полигона в 20.00 17/19
Быковских Д.А. Модель Блинна-Фонга 02.12.2023 17/19

Модель Блинна-Фонга

2023-

└ Модель освещения и методы затенения

Модель освещения и методы затенения

 $k_0 + \sum_{j=1}^{m} \frac{h_j}{d+k} \left[k_d(n_j \cdot L_j) + k \right]$

обасра; m — количество W., Сравнение простейших методов затенения: В методе плоского затенения освещение вычисляется один раз для каждого политона в сцене. В метоло затенация по фичту яли зажкой велиции политона

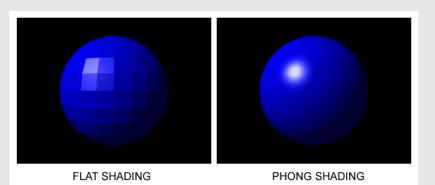


Рис. 8: Сравнение плоское затенение (слева) и затенение Фонга (справа)

Модель Блинна-Фонга

Быковских Д.А

Упрощенный расчет зеркальной компоненты освещенности

Для расчета отраженной компоненты требуется выполнить довольно громоздкие вычисления. Существует модель Блинна-Фонга, представляющая собой модель Фонга с упрощенным расчетом зеркального отражения. Вычислим в каждой точке вектор полупути H (halfway vector):

$$H = \frac{L + V}{|L + V|},$$

Модель Блинна-Фонга

который показывает ориентацию площадки, на которой будет максимальное отражение.

Тогда величину $(R \cdot V)^{\alpha}$ можно заменить величиной $(H \cdot N)^{\beta}$.

◆□▶◆□▶◆□▶◆■▼ 9900

18 / 19

02.12.2023

Модель Блинна-Фонга

2023-

– Модель Блинна-Фонга

утрощинным расчет зариальном компоненты освещенности

Для расчета отраженной компоненты требуется выполнить довольно

Модель Блинна-Фонга

Для расчета ограживной компоненты трябуется выполнить докольн громоздиле вычасления. Существует модель Блинин-Фонга, праставляющих собой модель Фонга с грофоценным расчетом экрального огражения. Вычислим в каждой точно вектор полупуты (Амбильногом).

 $H = \frac{L + V}{|L + V|}$

моторый показывает ориентацию площадки, на которой буде максимальное отражение. Тогда величину $(R \cdot V)^{\circ}$ можно заменить величиной $(H \cdot N)^{\circ}$

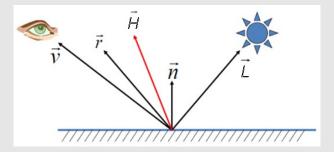


Рис. 9: Векторы в модели освещенности Блинна-Фонга

Модель освещения Блинна-Фонга

$$I = K_a I_a + K_d(n \cdot I) + K_s(n \cdot h)^p,$$

где

n — вектор нормали к поверхности в точке;

I — падающий луч (направление на источник света);

h — отраженный луч (направление идеально отраженного от поверхности луча).

$$h=2(I\cdot n)n-I,$$

где

 K_a — коэффициент фонового освещения;

 K_s — коэффициент бликового освещения;

 K_d — коэффициент диффузного освещения.

4 D > 4 P > 4 B > 4 B > 3 P 9 Q P

Модель Блинна-Фонга

2023-

└ Модель освещения Блинна-Фонга

Модель освещения Блинна-Фонга $I = K_x I_x + K_x (\alpha \cdot n) + K_t (\alpha \cdot n)^2,$ гав $\alpha = \max \{ p \mid \text{образов к поверхност в точке} \\ I = \max_{\alpha \in \text{PSP}} \text{образов к поверхност в точке} \\ I = \max_{\alpha \in \text{PSP}} \text{образов к поверхност в точке} \\ I = \max_{\alpha \in \text{PSP}} \text{образования в увельност организать образования у поверхност в точке } \\ h = 2(i \cdot n) n - I,$ гав $K_x = \min_{\alpha \in \text{PSP}} \text{образования в точке } \\ K_y = \min_{\alpha \in \text{PSP}} \text{образования в точке } \\ K_y = \min_{\alpha \in \text{PSP}} \text{образования } \\ K_y = \min_{\alpha \in \text{PSP}} \text{образования } \\ K_y = \min_{\alpha \in \text{PSP}} \text{of the total } \\ K$

К_б — коэффициент диффузного освещени



Рис. 10: Сравнение моделей Фонга и Блинна-Фонга