

АНАЛІЗ МОДЕЛІ ВАРДА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто особливості застосування дистрибутивної функції відбивної здатності моделі Варда для формування освітлення анізотропних поверхонь та реалістичної передачі поверхонь різних матеріалів при тривимірному моделюванні фізичних об'єктів.

Ключові слова: комп'ютерна графіка, дистрибутивна функція відбивної здатності, ДФВЗ, модель освітлення, анізотропна поверхня, модель Варда, моделювання поверхонь об'єктів, тривимірне моделювання.

Abstract

The peculiarities of application of the distributive function of reflectivity of the Ward model for formation of illumination of anisotropic surfaces and realistic transfer of surfaces of various materials at three-dimensional modeling of physical objects are considered.

Keywords: computer graphics, Bidirectional reflectance distribution function, BRDF, lighting model, anisotropic surface, Ward model, modelling of object surfaces, three-dimensional modelling.

Вступ

Формування реалістичних зображень є актуальною задачею комп'ютерної графіки [1]. Потреба у реалістичному відтворенні об'єктів фізичного світу з усіма особливостями поверхонь з урахуванням речовини, з якої вони виготовлені, все частіше виникає в таких галузях: дизайн, машинобудування, архітектурне проектування, реклама та маркетинг, сфера розваг та ігрова індустрія, галузь віртуальної реальності, машинне навчання тощо.

Сучасні теоретичні дослідження, спрямовані на покращення існуючих і розробку нових методів і засобів синтезу реалістичних зображень, дають значний поштовх їх практичній реалізації і розвитку вищезгаданих галузей людської діяльності. Однак не всі існуючі методи реалістичного відтворення об'єктів враховують особливості їх покриття. Часто при моделюванні виникає задача відтворення шорстких поверхонь, освітлення яких передбачає складні розрахунки, а, відповідно, й саме створення зображення. Саме тому актуальним є дослідження та аналіз особливостей моделей освітлення для анізотропних поверхонь.

Результати дослідження

Для реалістичного рендерингу 3D об'єктів необхідно розрахувати відбиття світла. Добре освітлені частини об'єкта матимуть відблиски, а неосвітлені будуть в тіні. ДФВЗ – модель освітлення, яка визначає частину світла, що відбивається від поверхні об'єкту [1-6].

Для моделювання затінення використовуються різні методи розрахунку, які засновані на фізичній природі світла. Багато з цих методів спрощують фізичну модель для компромісу між реалістичністю та складністю обчислювального процесу. Як правило, моделі освітлення використовують чотири основні вектори, що є провідними для моделі освітлення (рис. 1). До них належать:

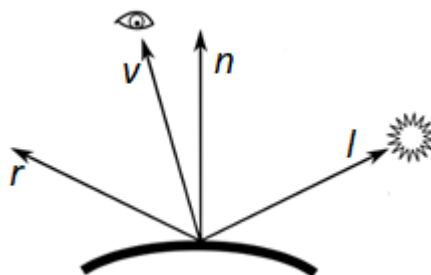


Рисунок 1. – Основні вектори до точки поверхні

- r – відбитий промінь світла;
- v – вектор, спрямований до спостерігача;
- n – нормаль до поверхні, на яку падає світло;
- l – вектор, спрямований до джерела світла [2].

Водночас при створенні моделі освітлення розрізняють три компоненти світла: фонову, дифузну та спекулярну.

Фонова компонента – залежить від фонові інтенсивності джерела світла і коефіцієнта фонові освітлення об'єкту. Це світло, яке відбивається від багатьох об'єктів і в результаті освітлює об'єкт, який не перебуває під прямими сонячними променями.

Дифузна компонента визначається кутом падіння світла на поверхню об'єкта. Якщо світло падає на об'єкт під прямим кутом, то інтенсивність відбитого світла набагато вища, ніж якби воно проходило по дотичній. Для розрахунку цієї компоненти використовують косинус кута між нормаллю n до поверхні і променем l , спрямованим на джерело світла.

Спекулярна компонента залежить від позиції спостерігача. Це світло, яке відбивається від об'єкта і потрапляє в поле зору спостерігача. Поверхня об'єкта, на якій знаходиться відблиск, освітлена краще за всіх інших. Спекулярна компонента залежить від кута між відбитим променем r і променем, спрямованим на спостерігача (v). Чим менший кут, тим яскравіший відблиск [3].

Модель освітлення Варда, як і моделі Фонга, Блінна та ін., спекулярну складову світла обчислює за законом Ламберта. Однак дифузна складова в даній моделі має більш складну залежність, яка фізично є більш правильною і дозволяє моделювати матеріали, що мають анізотропну поверхню.

Загальна формула моделі освітлення Варда має вигляд:

$$h = \frac{\vec{l} + \vec{v}}{|\vec{l} + \vec{v}|}$$

де I – інтегральна складова світла, що є результатом обчислення залежності між фонові, дифузною та спекулярною складовими, n – нормаль до поверхні, h – бісектор векторів від джерела світла l та спостерігача v , при чому:

$$h = \frac{\vec{l} + \vec{v}}{|\vec{l} + \vec{v}|}$$

k – коефіцієнт, що залежить від матеріалу поверхні. Даний коефіцієнт відповідає за форму відблиску по осі X і Y . Для формування складних поверхонь для кожного пікселя визначається свій коефіцієнт поверхні. Таким чином створюється карта коефіцієнтів анізотропної моделі Варда.

$$k_{spec} = \frac{\rho_s}{\sqrt{(\vec{n} \cdot \vec{l})(\vec{n} \cdot \vec{v})}} \frac{\vec{n} \cdot \vec{l}}{4\pi\alpha_x\alpha_y} e^{-2 \frac{\left(\frac{\vec{h} \cdot x}{\alpha_x}\right)^2 + \left(\frac{\vec{h} \cdot y}{\alpha_y}\right)^2}{1 + (\vec{h} \cdot \vec{n})}}$$

Коефіцієнти α_x і α_y використовуються для налаштування анізотропних властивостей [4]. Саме це і робить анізотропну модель освітлення Варда найбільш ефективною для застосування при відтворенні металевих поверхонь. При цьому відблиск відображається більш витягнутим, що характерно для таких поверхонь реальних об'єктів. Як приклад, на рисунку 2 зображено металеву каструлю, відблиск на поверхні якої протягується по всій висоті предмета.

Для порівняння при відтворенні об'єктів з металевою поверхнею в комп'ютерній графіці на рисунку 3 зображено відтворення тора з використанням моделі освітлення Фонга (а), Варда (б), а також застосування моделі освітлення Варда зі створенням карти коефіцієнтів для кожного пікселя зображення (в). Останній варіант найбільш реалістично відтворює металевий тор з урахуванням анізотропії даного типу поверхні.



Рисунок 2. – Витягнутий відблиск на металевій поверхні каструлі



а)

б)

в)

Рисунок 3. – Відтворення металевої поверхні тора моделлю Фонга (а); Варда (б); Варда з картою коефіцієнтів (в)

Модель Фонга є простою у використанні і в більшості випадків відтворення освітлення різних поверхонь є ефективною і достатньою [6]. Однак, коли важливим є відтворення реалістичної анізотропної поверхні, особливості відбиття світла якої залежать від речовини (зокрема металів), ефективніше буде використати модель Варда та за необхідності створити карту коефіцієнтів, що вимагає більше зусиль, але дає більш правильний з фізичної точки зору ефект відтворення поверхні об'єкта.

Висновки

Отже, у статті описано аналіз методу Варда. Анізотропна модель допомагає в відображенні реалістичних матеріалів, зокрема металів, але вимагає більшої праці при створенні карти коефіцієнтів поверхні. Тож для формування анізотропних поверхонь ефективніше використовувати модель Варда, яка враховує особливості дифузної складової для різних поверхонь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романюк О. Н. Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів. Монографія. / О. Н. Романюк, А. В. Чорний. –Вінниця: УНІВЕСУМ-Вінниця –2006. –190 с.
2. Романюк О. Н. Класифікація дистрибутивних функцій відбивної здатності поверхні / О. Н. Романюк // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. : Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. - 2008. - Вип. 9. - С. 145-151.
3. Романюк О. Н. Особливості визначення спекулярної складової кольору з використанням нової дистрибутивної функції відбивної здатності поверхні [Електронний ресурс] / О. Н. Романюк, Р. Ю. Довгалюк, Д. Л. Благодир // Наукові праці

Донецького національного технічного університету. Сер. : Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. - 2012. - Вип. 16. - С. 95-100.

4. Романюк О. Н. Ефективна модель для відтворення спекулярної складової кольору // Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць. —2007. —Випуск 2 (20). —С. 115—120.

5. Романюк О. Н. Новий підхід до визначення спекулярної складової кольору / О. Н. Романюк, А. В. Чорний // Оптико – електронні інформаційно – енергетичні технології. — 2004. — №2. —С. 85—92.

6. «Сравнение модели затенения по Фонгу и анизотропной модели Варда», Unic-Soft [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://unick-soft.ru/article.php?id=76>

Чан Аліна Ле Ванівна — студентка групи ЗПІ-176, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: kovychwriter@gmail.com

Романюк Олександр Никифорович — д. т. н., професор, професор кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Chan Alina L. V. — Department Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: kovychwriter@gmail.com

Romanjuk Olexandr N. — PhD (Eng.), Professor of Department for Programming Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia