

АДАПТИВНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДИФУЗНОЇ ТА СПЕКУЛЯРНОЇ СКАДОВИХ КЬОРУ ДЛЯ РЕНДЕРИНГУ ЗОБРАЖЕНЬ ОБЛИЧ ПРИ ПЛАНУВАННІ ПЛАСТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. При формуванні 3D-зображення людини необхідно з максимальною точністю відтворити реальне обличчя. При цьому важливо реалістично передати колірну гаму. Тому до формування дифузної та спекулярної складових кольору висуваються підвищені вимоги. Визначення дифузної та спекулярної складових кольору є складною обчислювальною задачею, що передбачає розробку нових методів і засобів. Метою статті є розробка методу підвищення продуктивності визначення інтенсивності спекулярної та дифузної складових світла за рахунок використання різних апроксимаційних поліномів залежно від кривизни поверхонь різних ділянок обличчя людини.

Ключові слова. рендеринг, дифузний та спекулярний складові кольору, 3D-зображення, пластична хірургія, зображення обличчя.

Аннотация. При формировании 3D-изображения человека необходимо с максимальной точностью воспроизвести реальное лицо. При этом важно реалистично передать цветовую гамму. Поэтому к формированию диффузной и specularной составляющих цвета предъявляются повышенные требования. Определение диффузной и specularной составляющих цвета является сложной вычислительной задачей, которая предусматривает разработку новых методов и средств. Целью статьи является разработка метода повышения производительности определения интенсивности specularной и диффузной составляющих света за счет использования различных аппроксимационных полиномов в зависимости от кривизны поверхностей различных участков лица человека.

Ключевые слова. рендеринг, диффузная и specularная составляющие цвета, 3D-изображение, пластическая хирургия, изображение лица.

Abstract. When forming a 3D image of a person, it is necessary to reproduce a real face with maximum accuracy. It is important to realistically convey the color scheme. Therefore, the formation of diffuse and specular components of color is subject to increased requirements. Determining the diffuse and specular components of color is a complex computational task that involves the development of new methods and tools. The aim of the article is to develop a method to increase the productivity of determining the intensity of specular and diffuse components of light through the use of different approximation polynomials depending on the curvature of the surfaces of different parts of the human face.

Keywords. rendering, diffuse and specular color components, 3D images, plastic surgery, face images.

У [1] для знаходження дифузної складової кольору пропонується рядок растеризації розбити на рівні інтервали, за виключенням останнього, на кожному з яких використати лінійне інтерполювання. Запропонований метод має високу ефективність тільки для поверхонь з малою кривизною. В іншому випадку для забезпечення прийнятної точності необхідно розбивати рядок растеризації на велику кількість інтервалів, що суттєво зменшує ефективність розрахунків. Крім того, можливі появи артефактів на межах інтервалів, оскільки не враховується диференційованість для кривої інтенсивності кольору.

Використання квадратичної інтерполяції [2] для знаходження інтенсивностей складових кольору дає можливість збільшити розміри інтервалів, але використання параболи в якості кривої інтенсивності кольору може спотворити реальну криву, і, як наслідок, призвести до низької точності розрахунків.

Використаємо для знаходження інтенсивності складової кольору на поточному інтервалі рядка растеризації такий поліном третьої степені,

$$I_{i,t} = A_i \cdot t^3 + B_i \cdot t^2 + C_i \cdot t + D_i$$

де t – параметрична змінна, $A_i, \leftrightarrow B_i, \leftrightarrow C_i, D_i$ – невідомі, які можна знайти шляхом визначення інтенсивностей кольору в чотирьох точках інтервалу, на які розбито рядок rasterизації. Знайдемо невідомі $A_i, \leftrightarrow B_i, \leftrightarrow C_i, D_i, I_{i,t}$ – інтенсивність дифузної чи спекулярної складових кольору.

Очевидно, що при $t = 0$ $I_{i,l} = D_i$. У кінцевій точці інтервалу $t = 1$. Тому $I_{i,p} = A_i + B_i + C_i + D_i$. У середній точці інтервалу $t = 1/2$, тому $I_{i,c} = \frac{A_i}{8} + \frac{B_i}{4} + \frac{C_i}{2} + D_i$. У точці $t = 1/4$ $I_{i,c2} = \frac{A_i}{64} + \frac{B_i}{16} + \frac{C_i}{4} + D_i$.

Таким чином, для знаходження невідомих $A_i, \leftrightarrow B_i, \leftrightarrow C_i, D_i$ можна скласти таку систему рівнянь

$$\begin{cases} I_{i,l} = D_i, \\ I_{i,p} = A_i + B_i + C_i + D_i, \\ I_{i,c} = \frac{A_i}{8} + \frac{B_i}{4} + \frac{C_i}{2} + D_i, \\ I_{i,c2} = \frac{A_i}{64} + \frac{B_i}{16} + \frac{C_i}{4} + D_i. \end{cases}$$

Розв'язок наведеної системи рівнянь дає такі формули для визначення невідомих коефіцієнтів:

$$\begin{aligned} A &= \frac{8(I_2 + 8 \cdot I_4)}{3} - 8(I_1 + 2 \cdot I_3) \\ B &= 2(7 \cdot I_1 - I_2 + 10 \cdot I_3 - 16 \cdot I_4) \\ A &= \frac{I_2 + 32 \cdot I_4}{3} - 7 \cdot I_1 - 4 \cdot I_3, \quad D = I_1, \end{aligned}$$

Використаємо для складання системи рівнянь такі точки інтервалу: $t = 0, t = \frac{1}{2}, t = \frac{3}{4}, t = 1$. Отримаємо таку систему рівнянь

$$\begin{cases} I_{i,l} = D_i, \\ I_{i,p} = A_i + B_i + C_i + D_i, \\ I_{i,c} = \frac{A_i}{8} + \frac{B_i}{4} + \frac{C_i}{2} + D_i, \\ I_{i,c2} = \frac{A_i \cdot 27}{64} + \frac{B_i \cdot 9}{16} + \frac{C_i \cdot 3}{4} + D_i. \end{cases}$$

Розв'язком системи є

$$\begin{aligned} A &= 8 \cdot (I_2 + 2 \cdot I_3) - \frac{8 \cdot (8 \cdot I_4 + I_1)}{3}, \quad B = 2 \cdot (3 \cdot I_1 - 5 \cdot I_2 - 14 \cdot I_3 + 16 \cdot I_4), \\ D &= I_1, \quad C = 3 \cdot (I_2 + 4 \cdot I_3) - \frac{13 \cdot I_1 + 32 \cdot I_4}{3}. \end{aligned}$$

У наведених формулах є багато множників на степінь двійки, що спрощує апаратну реалізацію, оскільки в цьому випадку мікрооперацію множення можна замінити на мікрооперацію монтажного зсуву. Крім того, багато множників можна задати сумою значень, які дорівнюють степені двійки, наприклад, $10 \cdot I = 8 \cdot I + 2 \cdot I$. Це також дозволяє замінити мікрооперацію множення на додавання та зсув. З огляду на це найдоцільнішим є перший випадок [3]. Ділення на 3 також можна реалізувати з використанням зсуву та додавання. Так, наприклад,

$$\frac{1}{3} \approx \frac{1}{2} - \frac{1}{8} - \frac{1}{32} - \frac{1}{128}.$$

Відносна похибка визначення частки не перевищує 0,7%.

На рис. 1 наведено для прикладу апаратну реалізацію множника B_i без виконання операцій множення та ділення шляхом додавання операндів, зсунутих в сторону старших розрядів.

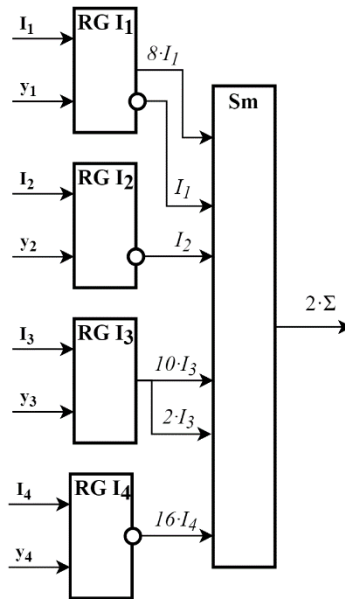


Рис. 1. Функціональна схема блока для визначення коефіцієнта B_i

Аналогічною є побудова блоків для визначення інших коефіцієнтів.

На рис. 2 наведено функціональну схему блоку для визначення інтенсивностей кольору з використанням поліному третього степеня. Для цього використано таку залежність.

$$I_{i,t} = A_i \cdot t^3 + B_i \cdot t^2 + C_i t + D_i = t \cdot (t \cdot (A_i \cdot t + B_i) + C_i) + D_i.$$

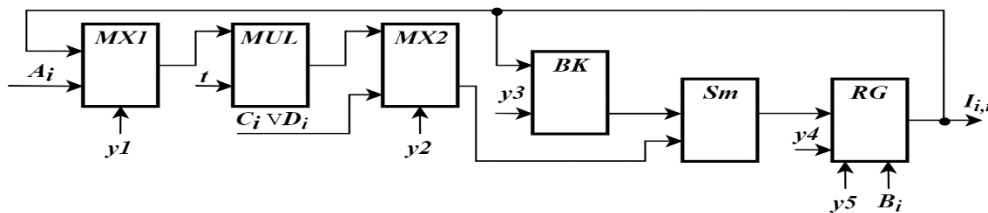


Рис. 2. Функціональна схему блоку для визначення інтенсивностей кольору з використанням поліному третього степеня

У RG заноситься значення B_i , а на вхід $MX1$ подається значення A , яке в блоці MUL множиться зі значенням t . Тому на виході суматора Sm визначається значення $(A_i \cdot t + B_i)$, яке зберігається в регістрі RG . На цій ітерації блок вентилів BK працює в режимі передачі операнда.

Блок ключів переключають в режим обнулення операнда. Значення $(A_i \cdot t + B_i)$ множиться на t і записується в регістр RG . На виході суматора Sm формується значення $(A_i \cdot t + B_i) \cdot t$.

На вхід мультиплектора $MX2$ подають значення C_i , тому на виході суматора Sm формується значення $(t \cdot (A_i \cdot t + B_i) + C_i)$, яке заноситься в регістр RG . Для цього блок ключів переключають в режим передачі операнда.

У подальшому отримане значення множиться на t . У цьому випадку блок ключів обнулює значення операнда, що зберігається в регістрі RG . Блок ключів переключають в режим передачі операнда. У подальшому на вхід мультиплектора $MX2$ подають значення D_i , яке додається до операнда $t \cdot (t \cdot (A_i \cdot t + B_i) + C_i)$, що забезпечує отримання на виході регістра RG значення $I_{i,t}$.

На рисунку 3 наведено розбиття зображення обличчя людини на характерні ділянки. Аналіз показав, що для ділянок 2, 4, 7 доцільно використання для визначення дифузної та спекулярної складових апроксимаційного поліному другого степеня, а для інших – третього степеня.

На рисунку 4 наведено отримане автором тривимірне зображення обличчя, сформоване з використанням розробленого методу.

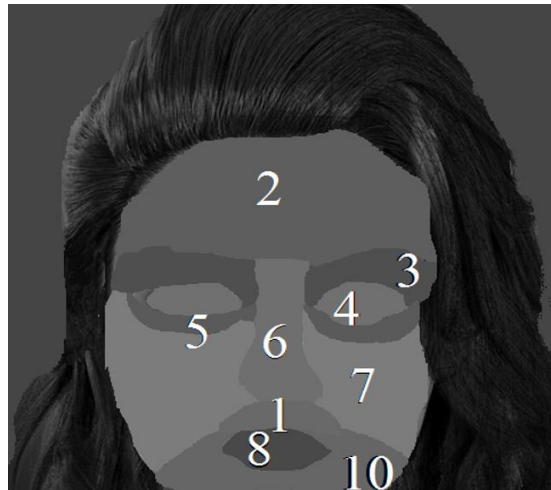


Рис. 3 – Зони обличчя

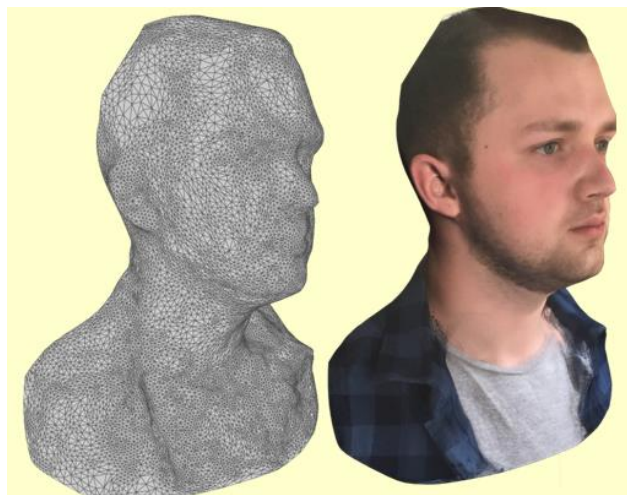


Рис. 4 – Тривимірне зображення обличчя

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романюк О. Н. Адаптивне використання різних методів зафарбовування при формуванні тривимірних графічних фігур // Нові технології. — 2005. — № 3 (9). — С. 78—86.
2. Романюк О. Н. Використання квадратичної інтерполяції для зафарбовування тривимірних графічних об'єктів// Реєстрація, зберігання і обробка даних. — 2006. — Т. 8. — № 4. — С. 31—37.
3. Романюк О. Н. Адаптивна нормалізація векторів нормалей при визначенні дифузної та спекулярної складових кольору / О. Н. Романюк, О. М. Мельников // Реєстрація, зберігання і обробка даних. — 2006. — Т. 8. — № 3. — С. 11—19.

Відомості про авторів

Романюк Олександр Никифорович, д. т. н., професор, завідувач кафедри програмного забезпечення Вінницького національного технічного університету; e-mail: rom8591@gmail.com.

Черняк Олександр Іванович, к. т. н., доцент кафедри обчислювальної техніки Вінницького національного технічного університету; адреса: Вінницька обл., Вінницький район, с. Лисогора, вул. Лесі Українки, 29а; т. (+3)0671114858; e-mail: alexandr.chernyak@gmail.com.

Нечипорук Микола Леонідович, студент факультету ІТКІ, кафедри обчислювальної техніки Вінницького національного технічного університету; e-mail: mykola.nec@gmail.com.