

## МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ АНІЗОТРОПНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

*Проаналізовано сучасні методи текстуровування. Запропоновано для анізотропної фільтрації метод простого визначення координат текселів, що визначають колір екранного пікселя, з урахуванням кута нахилу полігона. Запропоновано метод визначення усередненого значення кольору пікселя з використанням вагових функцій.*

*Ключові слова: текстуровування, анізотропна фільтрація, фільтрація текстур*

O.N. ROMANIUK, O.O. DUDNYK, S.I. VYATKIN  
Vinnytsia National Technical University

## MODIFICATION OF ANISOTROPIC FILTERING

This article considers the modern methods of texturing. A simple method of determining the coordinates of texels that determine pixel color screen, given the inclination angle ground for anisotropic filtering. The method of calculating the average pixel color values using weighting functions.

*Keywords: texturing, anisotropic filtering, texture filtering*

## Постановка задачі

При побудові високореалістичних зображень використовують текстури[1], які накладають на графічні об'єкти. Текстуровування дозволяє успішно вирішувати задачі, які надзвичайно трудомістко розв'язати прямими методами [1], дозволяє суттєво зменшити обчислювальні витрати та зробити можливим інтерактивний режим візуалізації [1]. Застосовувані в тривимірній графіці методи накладення текстур, використовуються для візуалізації тривимірних сцен з високим ступенем деталізації. Генерація текстури полягає в проектуванні зображення на тривимірну поверхню. Таким чином забезпечується додаткова деталізація об'єкта без ускладнення його геометрії. Для імітації реалістичних сцен необхідно використовувати велику кількість деталізованих текстур.

Для визначення кольору екранного пікселя використовують усереднення кольору всіх текселів, проекція яких відповідає даному пікселю.

Серед методів фільтрації текстур найбільш поширеними є білінійна та трилінійна фільтрації.

Білінійна фільтрація [3] передбачає розрахунок кольору пікселя на екрані, за допомогою усереднення кольору чотирьох текселів, що задають проекцію цього пікселя з плоского екрану на тривимірну площину.

Трилінійна фільтрація [3] є комбінацією мір-текстуровування та білінійної фільтрації. Фактично виконується білінійна фільтрація на двох мір-рівнях, що в результаті дає 2 текселя по одному для кожного мір-рівня. Колір пікселя, який повинен бути виведений на екран, визначається в результаті інтерполяції за кольорами двох мір-текстур [2].

Ці методи текстуровування дозволяють відносно коректно розраховувати колір тільки для тих пікселів, відповідні текселі яких знаходяться в текстурній площині, яка паралельна екрану. Таке обмеження викликано тим, що вибірка груп з чотирьох текселів при білінійної фільтрації відбувається по строго заданому закону.

Текселі, як правило, апроксимують коло, що і є проекцією екранного пікселя на площину текстури. Чим більше поверхня текстури відхиляється від паралелі екрану, тим більша буде значення похибки при визначенні кольору пікселя. У результаті чого, текстури, розташовані під гострими кутами, сильно розмиваються [2].

Тому сьогодні при текстурованні широко використовується анізотропна фільтрація, яка дозволяє більш точно визначати кольори пікселів, які відповідають елементам текстури, що розташовані не паралельно екрану. Це найбільш якісний і поширений метод текстуровування. На відміну від ізотропних видів фільтрації (білінійна та трилінійна) використовується проекція пікселя на текстурну поверхню [2].

При анізотропної фільтрації проекція пікселя на поверхню текстури розглядається не як коло, а як витягнутий еліпс (рис. 1), що дозволяє точніше визначати кольори пікселів [3].

Для того, щоб коректно обчислити колір пікселя, необхідно врахувати кольори всіх текселів [1], які охоплює еліпс. Це достатньо складна процедура для генерації зображень у реальному часі, тому використовують деякі спрощення. Основна ідея таких спрощень – це наближення еліпса з великим ексцентриситетом декількома еліпсами з меншими

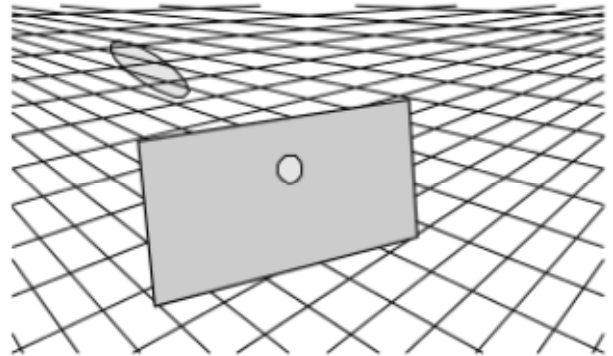


Рис. 1. Проекція пікселя на поверхню текстури

ексцентриситетами. Таким чином, можна подолати обмеження, накладені апаратними засобами та забезпечити фільтрацію найкращим фільтром з високим ступенем анізотропії. Найчастіше еліпс розбивають на менші за площею кола рівного

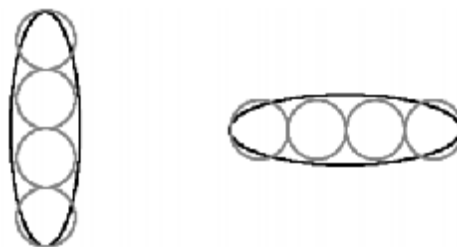


Рис. 2. Розбиття еліпса на кола діаметру (рис. 2). Потім знаходять середні значення кольору для кожного кола [4].

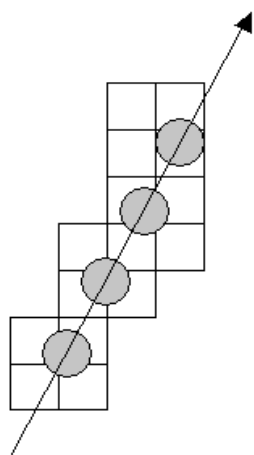


Рис. 3. Визначення точок, що належать до проєкції пікселя на текстуру

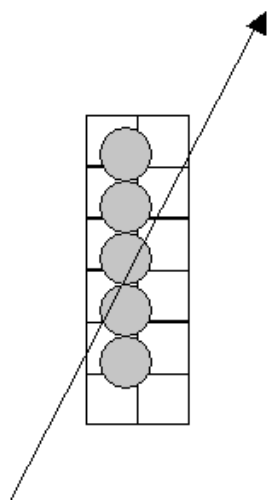


Рис. 4. Спрощення при визначенні точок, що належать до проєкції пікселя на текстуру

На практиці коло апроксимують квадратом площею чотири в текселі. Таким чином, фактично виконується білінійна фільтрація у кількох точках вздовж вектору нахилу полігону, а отримані значення усереднюються (рис. 3). Кількість таких точок залежить від кута нахилу.

Визначення координат усіх необхідних текселів є ресурсоємною задачею, тому ряд виробників графічних процесорів спрощують її, розглядаючи лише два часткові випадки положення

вектору нахилу: паралельно осі  $OX$  і перпендикулярно їй.

У такому випадку координати центру проєкції в координатах текстури визначають за формулою:

$$\begin{cases} cx = x_d \times \frac{w_d}{w_t} \\ cy = y_d \times \frac{h_d}{h_t} \end{cases}, \quad (1)$$

де  $x_d, y_d$  - відносні координати пікселя в екранній площині;  $w_d, h_d$  - ширина та висота, проєкції полігону на екранну площину;  $w_t, h_t$  - ширина та висота полігону в текстурній площині. Координати одного із чотирьох пікселів ( $P1$ ), що формують квадрат, визначають шляхом округлення координат отриманої точки ( $C$ ) до більшого цілого (рис. 5). Для визначення координат точок  $P2, P3, P4$  аналізують дробову частину  $i$ . Для пікселя  $P2$   $y$ -координата рівна  $y$ -координаті пікселя  $P1$ , а  $x$ -координата на 1 менша  $x$ -координаті пікселя  $P2$ , якщо дробова частина менша 0.5 або на 1 більша якщо дробова частина більша за 0.5. Аналогічним чином обчислюється  $y$ -координата для  $P4$ . Для  $P3$   $x$ -координата рівна  $x$ -координаті пікселя  $P2$ , а  $y$ -координата –  $y$ -координаті пікселя  $P4$ .

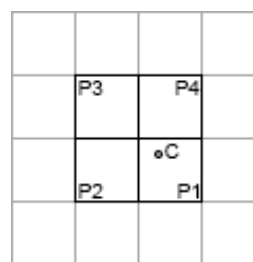


Рис. 5. Координати центру проєкції

Координати пікселів, що утворюють інші квадрати, які входять до проєкції, знаходять шляхом зміщення  $P1, P2, P3, P4$  на 2 пікселя вгору і в низ, якщо полігон має більший нахил відносно  $OX$  ніж відносно  $OY$  (кут вектора нахилу у текстурній площині близький до  $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  або  $270^\circ$ ) або на 2 пікселя вправо та вліво, якщо нахил відносно  $OY$  більший нахилу відносно  $OX$  (кут вектора нахилу у текстурній площині близький до  $0^\circ$  або  $180^\circ$ ).

Такий підхід забезпечує високу продуктивність, проте він не враховує ситуацію, коли полігон значно відхилено як від осі  $OX$  так і від  $OY$ , що зумовлює появу артефактів. Тому даний метод можна покращити шляхом обчислення координат пікселів для кутів, близьких до  $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ$ , або  $315^\circ$ .

Очевидно, що для таких кутів координати текселів, що утворюють додаткові квадрати повинні визначатись шляхом зміщення  $P1, P2, P3, P4$  як по осі  $OX$ , так і по осі  $OY$ . Проте слід урахувати, що центр проєкції ( $C$ ) у більшості випадків зміщено відносно центру квадрата, утвореного  $P1, P2, P3, P4$ , а тому для коректності обчислень необхідно врахувати це відхилення.

Таким чином, необхідно врахувати дробову частину  $i$ . Якщо вона більша за 0.5, то зсув потрібно

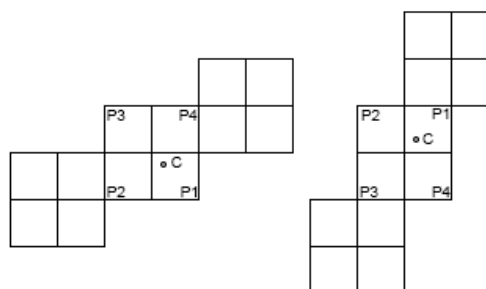


Рис. 6. Текселі що належать до проєкції пікселя на текстуру для кута нахилу  $45^\circ$

