

*Романюк О.Н.,
доктор технічних наук, професор,
перший проректор Вінницького національного технічного університету*

*Дудник О.О.,
аспірант Вінницького національного технічного університету*

*Вяткін С.І.
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
інституту автоматики і електрометрії СО РАН*

ОГЛЯД МЕТОДІВ АНІЗОТРОПНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

У статті наведено аналіз методів анізотропної фільтрації текстур. Розглянуто переваги анізотропних методів текстурування. Описано методи підвищення продуктивності та якості анізотропної фільтрації.

***Ключові слова:** текстурування, анізотропна фільтрація, тексель, піксель, текстура.*

Постановка проблеми. При побудові високореалістичних зображень використовують текстури[1], які накладають на графічні об'єкти. Текстурування дозволяє успішно вирішувати задачі, які надзвичайно трудомістко розв'язати прямими методами [2], дозволяє суттєво зменшити обчислювальні витрати та зробити можливим інтерактивний режим візуалізації [2,3].

Текстура — це спосіб надання поверхні 3D деталі — полігону: кольору, фактури, блиску, матовості та інших фізичних властивостей (для імітації природного матеріалу, наприклад: паперу, дерева, каменю, металу тощо).

Поняття «текстура» є важливим елементом 3D-моделювання, оскільки дозволяє відтворити також малі об'єкти поверхні, створення яких полігонами виявилось б надмірно ресурсомістким.

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 (рис. 2). При цьому може з'являтися велика кількість різноманітних помилок візуалізації, званих артефактами [1]. Було розроблено безліч різних методів, які зменшують кількість подібних артефактів візуалізації. Для імітації реалістичних сцен необхідно використовувати велику кількість деталізованих текстур.

Ізотропні методи текстурування (білінійна та трилінійна фільтрація) дозволяють відносно коректно розраховувати колір тільки для тих пікселів, відповідні текселі яких знаходяться в текстурній площині, яка паралельна екрану. Таке обмеження викликане тим, що вибірка груп текселів у таких методах відбувається по строго заданому закону.

Тому сьогодні при текстуруванні широко використовується анізотропна фільтрація, яка дозволяє більш точно визначати кольори пікселів, які відповідають елементам текстури, що розташовані не паралельно екрану. Це найбільш якісний метод текстурування. На відміну від ізотропних видів текстурування використовується проекція пікселя на текстурну поверхню [2].

Анізотропна фільтрація використовує різноманітні фільтри для апроксимації форми фігури, утвореної текселями, що відповідають конкретному пікселю. Як правило, це еліпс, форма якого змінюється залежно від кута, який задає положення полігону щодо точки зору. Існують техніки анізотропної фільтрації, які використовують від 16 до 32 текселів з текстури для визначення кольору пікселя. Для того, щоб коректно обчислити колір пікселя, необхідно врахувати кольори всіх текселів [3], які охоплює еліпс (рис. 1).

Для апроксимації еліпсоподібної форми сліду використовуються спеціальні фільтри. При цьому виконують такі дії: обчислюють площу еліпса, визначають координати текселів, які покриваються проекцією пікселя, зважують текселі на даній ділянці та проводять кінцеве визначення кольору пікселя [2,3].

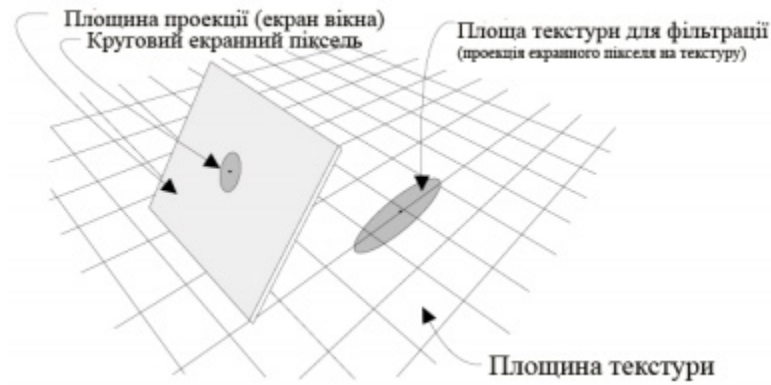


Рисунок 1. – Проекція пікселя на текстуру

Апроксимація площини текстури t еліпсоподібної форми ґрунтується на властивостях матриці Якобіана (якобіан). Оскільки вектори обчисленої матриці Якобіана формують 2D-лінійний просторовий вектор відносно екранних координат, якобіан використовується як засіб для апроксимації площини t . Необхідно врахувати, що якобіан обчислюється для кожного нового положення точки в площині текстурного фільтра. Якщо координати точки у площині фільтра – (x_s, y_s) , то матриця Якобіана обчислюється для точки з координатами (U_0, V_0) на площині текстури.

Для загального випадку накладання текстур, матриця Якобіана обчислюється за таким виразом:

$$J = \frac{\partial t}{\partial(U, V)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial U} \left(\frac{xw}{w} \right) & \frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{xw}{w} \right) \\ \frac{\partial}{\partial U} \left(\frac{yw}{w} \right) & \frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{yw}{w} \right) \end{bmatrix} = \frac{1}{w^2} \begin{bmatrix} wx_U - xw_U & wy_V - yw_V \\ wy_U - yw_U & wx_V - xw_V \end{bmatrix}$$

де часткові похідні xw , yw і w - елементи текстурної матриці, t , xw , yw і w – відповідні екранні значення, обчислені за допомогою матриці відповідно до значень на площині текстури з параметрами (U, V) .

Такі обчислення - 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 ексцентриситетами [3].

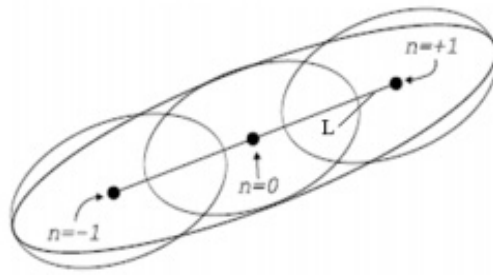


Рисунок 2. – Апроксимація еліпса декількома еліпсами з меншими ексцентриситетами

Таким чином, можна подолати обмеження, накладені апаратними засобами і забезпечити фільтрацію найкращим фільтром з високим ступенем анізотропії. Найчастіше еліпс розбивають на менші за площею кола рівного діаметру. Потім знаходять середні значення кольору для кожного кола [3]. На практиці коло часто апроксимують квадратом площею чотири 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 полігону. З метою підвищення продуктивності координати текселів відносно центру проєкції пікселя у деяких випадках розраховують заздалегідь для різних кутів нахилу полігону.

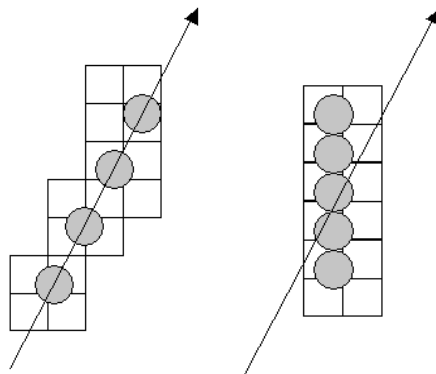


Рисунок 3. – Визначення точок, що належать до проєкції пікселя на текстуру

Перспективним шляхом підвищення якості анізотропної фільтрації є використання вагових функцій, що визначають вагу кожного текселя, відповідно до обраної моделі пікселя. Також підвищити якість анізотропної фільтрації можна за рахунок надання пікселям, які входять до проєкції частково інтенсивностей, що пропорційні площі текселя, яка відтинається.

Висновки. Текстурування забезпечує додатковий деталізація об'єкта без ускладнення його геометрії. Ізотропні методи текстурування характеризуються високою продуктивністю та низькою реалістичністю вихідного зображення. Тому сьогодні широко використовується анізотропна фільтрація. Анізотропні методи мають суттєві переваги, проте ставлять вищі вимоги до апаратних засобів, тому існує потреба в розробці методів підвищення продуктивності анізотропної фільтрації.

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. Аналіз методів анізотропної фільтрації текстур / О. Н. Романюк, С. О. Романюк, М. П. Піддубецька // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2013. — № 2. — С. 123-128.
3. Landsdale Robert C. Texture Mapping and Resampling for Computer Graphics. / Robert C. Landsdale. Department of Electrical Engineering, University of Toronto, Toronto, Canada. – 1991
4. Green Ned, Heckbert Paul. Creating Raster Omnimax Images from Multiple Perspective Views Using the Elliptical Weighted Average Filter. / Ned Green, Paul Heckbert. IEEE Computer Graphics and Applications, 6 (6). – 1986.