

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АНІЗОТРОПНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

**Романюк Олександр**, д. т. н, професор кафедри програмного забезпечення,  
**Дудник Олександр**, аспірант кафедри програмного забезпечення,  
**\*Вяткін Сергій**,

Вінницький національний технічний університет, Україна

\*Інститут автоматики та електрометрії СО РАН, Новосибірськ, Росія

При візуалізації графічних сцен, що потребують високого ступеня реалістичності, використовують текстури, які накладають на графічні об'єкти [1]. Сьогодні при текстуруванні широко використовується анізотропна фільтрація, яка дозволяє більш точно визначати кольори пікселів, які відповідають елементам текстури. Це найбільш якісний метод текстурування. На відміну від ізотропних видів фільтрації (білінійна та трілінійна) використовується проекція пікселя на текстурну поверхню [1-3]. При анізотропній фільтрації проекція пікселя на поверхню текстури розглядається як витягнутий еліпс (рис 1).

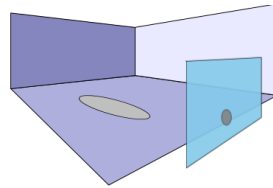


Рисунок 1 – Проекція пікселя на текстуру

Анізотропна фільтрація – достатньо складна процедура, що робить проблематичним її використання в системах рендерингу реального часу, а тому існує потреба в оптимізації її продуктивності [3].

Одним із шляхів підвищення продуктивності анізотропної фільтрації є використання попередньо фільтрованих текстур (MIP-текстурування). Для цього створюється MIP-піраміда — послідовність текстур з роздільною здатністю від максимальної до  $1 \times 1$ . MIP-рівні являють собою заздалегідь розраховані версії вихідної текстури різного розміру. Використання MIP-текстурування знижує кількість текселів, що формують еліпс, проте підвищує потреби в оперативній пам'яті на  $1/3$  та, в деякій мірі, негативно впливає на якість текстурування [1-3].

Поширеним є метод підвищення продуктивності фільтрації шляхом апроксимації форми проекції простішими геометричними фігурами (як правило, прямокутник або паралелограм). Такий метод є досить ефективним з точки зору продуктивності, проте зниження ступеня ізотропії має негативний вплив на якість вихідного зображення [2].

Також поширеними є методи, що базуються на використанні наборів із заздалегідь розрахованих форм проекцій пікселя на текстуру. При цьому форма проекції визначається в залежності від положення полігону, що текстурується,

відносно площини екрану. Очевидно, що передбачити заздалегідь усі можливі форми проекції неможливо, тому використання даного методу призводить до значної похибки при обчисленнях.

Перспективним напрямком підвищення швидкодії анізотропної фільтрації є використання методів, основаних на паралельних обчисленнях з використання можливостей багатопроцесорного обладнання. Як правило, для виконання паралельних обрахунків, виконують декомпозицію – апроксимують еліпс з великим ексцентриситетом кількома еліпсами з меншими ексцентриситетами. Це дає змогу обчислити середнє зважене значення кольору для кожного з малих еліпсів в окремому потоці. Такий підхід забезпечує досить якісний результат, але має місце похибка, оскільки покрити усю площу великого еліпса меншими досить складно. Крім того така декомпозиція призводить до перекриття еліпсів, а отже врахування деяких текселів кілька разів. Також недоліком такого підходу є те, що кількість потоків обмежена кількістю еліпсів малого розміру [2,3].

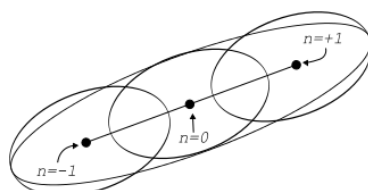


Рисунок 2 – Декомпозиція еліпса

Можливим напрямком розвитку анізотропної фільтрації з використанням паралельних обчислень є сканування текселів у площині текстури та проекція їх на площину екрану з подальшим усередненням текселів, що накладаються. Такий підхід звільняє від необхідності визначати форму проекції, оскільки площа текселя не перевищує площу екранного пікселя. Така перевага забезпечує можливість використання окремого потоку на кожен тексель, а отже кількість потоків обмежується лише апаратними можливостями системи.

Таким чином, сьогодні анізотропна фільтрація залишається найбільш перспективним методом текстурування, проте не забезпечує достатньої швидкодії для систем рендерингу реального часу. Існує ряд методів підвищення її швидкодії, проте вони призводять до значних втрат якості вихідного зображення. Тому питання підвищення продуктивності анізотропного текстурування залишається актуальним.

### Список використаної літератури

1. Paul S. Heckbert/ Survey of texture mapping // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.cs.cmu.edu/~ph/textsurv.pdf>.
2. Pavlos Mavridis/ High Quality Elliptical Texture Filtering on GPU / Pavlos Mavridis, Georgios Papaioannou // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://www.pmavridis.com/data/I3D11\\_EllipticalFiltering.pdf](http://www.pmavridis.com/data/I3D11_EllipticalFiltering.pdf)
3. Вяткин С.И./ Анизотропная фильтрации текстуры в реальном времени / С.И. Вяткин, А.Н. Романюк, А.А. Дудник// Вимірювальна та Обчислювальна Техніка в Технологічних Процесах № 4' 2015 (53) 219