

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗГЛАДЖУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Проаналізовано відомі методи згладжування та описано їх ключові особливості. Обґрунтовано використання алгоритму згладжування MSAA для розробки програмного забезпечення навчально-дослідницького характеру.*

**Ключові слова:** програмне забезпечення, алгоритм згладжування, MSAA.

### Abstract

*The known anti-aliasing methods are analyzed and their key features are described. The use of the MSAA anti-aliasing algorithm for the development of educational and research software is substantiated.*

**Keywords:** software, anti-aliasing algorithm, MSAA.

### Вступ

При розробці зображень засобами комп'ютерної графіки однією з найважливіших вимог є висока реалістичність синтезованого зображення. Через недостатню роздільну здатність моніторів на зображеннях можуть виникати різні артефакти, наприклад «зубці» на краях графічних об'єктів, що називається ефектом аліасингу. Особливо чітко цей ефект проявляється на кривих лініях, наприклад гіперболах [1]. Відомо, що ефект аліасингу можна було б подолати, якби роздільна здатність 17-дюймового монітора сягала 4000x4000 пікселів [1, 2], однак сучасні технічні можливості ще не дозволяють цього досягти. Тому, в сучасних системах комп'ютерної графіки активно використовують спеціальні методи для усунення ефекту «зубців».

Методи згладжування у комп'ютерній графіці – це техніки, які застосовуються для зменшення ефекту аліасингу та покращення якості зображення. Вони використовуються для згладжування країв об'єктів та усунення артефактів, які можуть виникати при відображенні об'єктів на екрані. Ці методи дозволяють покращити реалістичність та чіткість зображення, що є важливим у візуалізації графічних сцен.

Використання методів згладжування має на меті поліпшити якість графічного відображення, зменшити артефакти, такі як мерехтіння, а також зробити зображення більш привабливим та приємним для сприйняття. Це допомагає підвищити реалістичність графічних додатків та ігор, а також забезпечити комфортний користувацький досвід.

### Основна частина

У процесі відображення графічних образів можуть виникати спотворення в зображенні векторів та ребер багатокутників, які відомі як ступінчатий ефект або ефект аліасингу. Головна причина його виникнення полягає в тому, що кольорові межі об'єктів представлені у вигляді неперервних ліній, тоді як растрові пристрої відображення працюють з дискретними значеннями [3]. Представлення кращого покриття, яка враховує кілька світлових шляхів, може зменшити вплив цього артефакту. Процес розглядання більшої кількості шляхів називається згладжуванням зображення [4].

Згладжування – це процес видалення нерівних або ступінчастих ліній на краях і об'єктах, які в іншому випадку мали б бути гладкими. Існують різні методи згладжування, які використовуються для зменшення цих типів візуальних артефактів. Деякі розроблено для використання з певними рендерами та платформами, тоді як інші ідеально підходять для покращення продуктивності та точності [5].

Важливість методів згладжування полягає у забезпеченні більш гладкого та природного вигляду зображень, а також у підвищенні їхньої якості та реалізму. Вони дозволяють уникнути аліасингу, яке може призвести до появи ребристих чи смугастих ефектів на зображеннях, особливо на різних кривих та кутах. Згладжування також може знижувати шум та інші артефакти, що можуть виникати при обробці та стисканні зображень.

Розглянемо методи згладжування та їхні особливості:

1. FXAA (Fast Approximate Anti-Aliasing): FXAA є швидким у використанні методом згладжування. Він працює на рівні пікселів і використовує фільтр, який розпізнає краї об'єктів та намагається згладити їх, не враховуючи деталей текстур.

- Переваги: ефективний за ресурсами, швидкий у виконанні.
- Недоліки: може викликати розмиття текстур та деталей, оскільки він не робить розрізнення між ними.

2. MSAA (Multisample Anti-Aliasing): MSAA працює на рівні зразків (samples) і використовує декілька зразків для кожного пікселя, що дозволяє відображати деталі більш точно.

- Переваги: забезпечує кращу якість згладжування, особливо на об'єктах з гладкими кривими або динамічних сценах.
- Недоліки: витратніший за ресурсами порівняно з FXAA, особливо при використанні великої кількості зразків, що може призводити до погіршення продуктивності.

3. SSAA (Supersample Anti-Aliasing): SSAA є більш обчислювально-витратним методом, оскільки він фактично виконує рендеринг зображення з вищим розміром, а потім зменшує його до бажаного розміру, використовуючи згладжування для зменшення артефактів. Це один із перших методів згладжування.

- Переваги: забезпечує найвищу якість згладжування, оскільки використовує більше інформації про зображення.
- Недоліки: дуже витратний за ресурсами метод, який може суттєво знизити продуктивність, особливо на великих роздільних здатностях.

4. TSR (Temporal Supersampling Reconstruction): TSR використовує історію кадрів для зменшення аліасингу шляхом урахування руху між кадрами. Він комбінує згладжування із зображень кадрів з попередніх кадрів для створення зображення з вищою якістю.

- Переваги: допомагає зменшити аліасинг під час руху об'єктів, що покращує якість зображення в рухомих сценах.
- Недоліки: вимагає додаткових обчислень та пам'яті, що може призвести до зниження продуктивності.

5. TAAU (Temporal Anti-Aliasing with Upsampling): TAAU також використовує історію кадрів для зменшення аліасингу, але відрізняється тим, що він використовує методи збільшення роздільної здатності (upsampling) для поліпшення якості зображення.

- Переваги: забезпечує високу якість згладжування та деталізації зображення.
- Недоліки: вимагає значних обчислень і може бути витратним за ресурсами, особливо на менш потужних системах.

Отже, при виборі методу згладжування для розробки програмного забезпечення важливо керуватися його відповідністю поставленим цілям та завданням конкретного проекту. Вибір методу повинен бути обґрунтований врахуванням потреб користувачів, характеристик об'єктів та сцен, що відображаються, а також вимог до продуктивності та якості зображення. Враховуючи ці аспекти, можна підібрати оптимальний метод згладжування, який відповідатиме усім вимогам проекту та забезпечить досягнення поставлених цілей.

Наприклад, для програмного забезпечення навчально-дослідницького характеру, яке призначене для дослідження методу згладжування, найкраще підійде метод згладжування MSAA. Оскільки, при відображенні деталей об'єктів та їхніх взаємодій у тривимірному просторі, MSAA забезпечить високу якість зображення і точне відображення деталей при оптимальному застосуванні доступних ресурсів комп'ютера. Це дозволить дослідникам та студентам отримувати якісні та чіткі візуалізації для аналізу та розуміння впливу методу згладжування на графічну сцену.

### **Висновок**

Дослідження показало, що для розробки програмного забезпечення дослідницько-навчального характеру найкраще підходить метод згладжування MSAA. Хоча використання MSAA може призводити до певного збільшення обчислювального навантаження порівняно з FXAA, цей метод забезпечує вищу якість зображення, особливо на об'єктах з гладкими кривими або в динамічних сценах. Навіть при обмежених ресурсах системи користувача, він може бути ефективно використаний, що робить його привабливим в більш широкому спектрі застосувань.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антиаліазинг зображення траєкторії гіперболи [Текст] / О. Н. Романюк, М. С. Курінний, О. В. Романюк [та ін.] // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2022. – № 1. – С. 55-63.
2. Романюк О.Н. Метод антиаліазингу зображень відрізків прчмих з використанням додаткових оцінювальних функцій [Текст] / О. Н. Романюк, О. В. Мельник. О. В. Романюк // Measuring and Computing Devices in Technological Processes. – 2014. – № 2. – С. 210-214.
3. Романюк, О. Н. Комп'ютерна графіка [Електронний ресурс] : електронний навч. посіб. / О. Н. Романюк, О. В. Романюк, Р. Ю. Чехмestрук. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 147 с.
4. Foley, James D., et al. "Computer Graphics: Principles and Practice." 2014. p. 1106.
5. Anti-Aliasing and Upscaling UE. URL: <https://docs.unrealengine.com/5.2/en-US/anti-aliasing-and-upscaling-in-unreal-engine> (data of access 05.03.2024)

**Колодій Владислав Віталійович** – студент групи 4ПІ-20б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vladkolodiy2014@gmail.com

**Романюк Оксана Володимирівна** – к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: romaniukoksana@gmail.com

**Vlad Kolodii** – student of group 4PI-20b, Faculty for Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladkolodiy2014@gmail.com

**Oksana Romaniuk** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Software Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: romaniukoksana@gmail.com