

КОМП'ЮТЕРНИЙ СИНТЕЗ та ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ

Digital Image Processing - DIP

2021 / 2022 навчальний рік

АНТІАЛПАСІНГ

1. Артефакти дискретизації зображень.
2. Згладжування. Методи надсемплювання.
3. Згладжування. Аналітичні методи.
4. Темпоральне згладжування.

Артефакти дискретизації

Geometry
Aliasing

Геометричні
спотрення 2D

Geometry
Aliasing (3D)

Геометричні
спотрення 3D

Transparency
Aliasing

Спотрення
прозорості

Sub-pixel
Aliasing

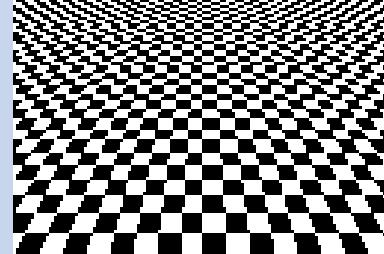
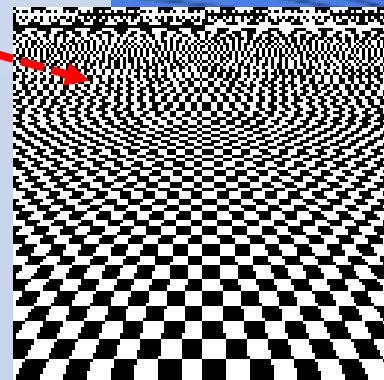
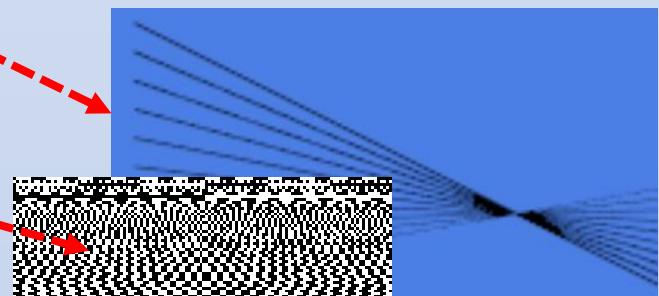
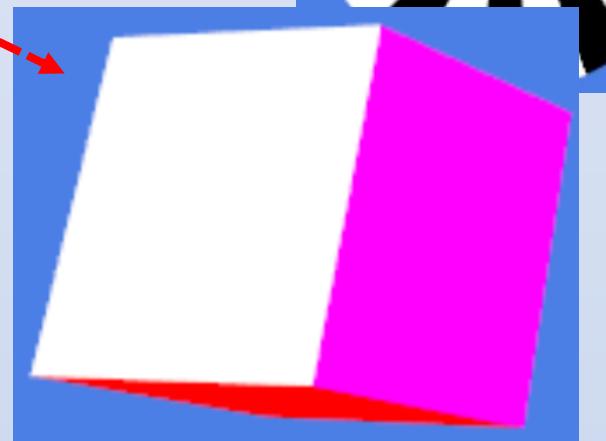
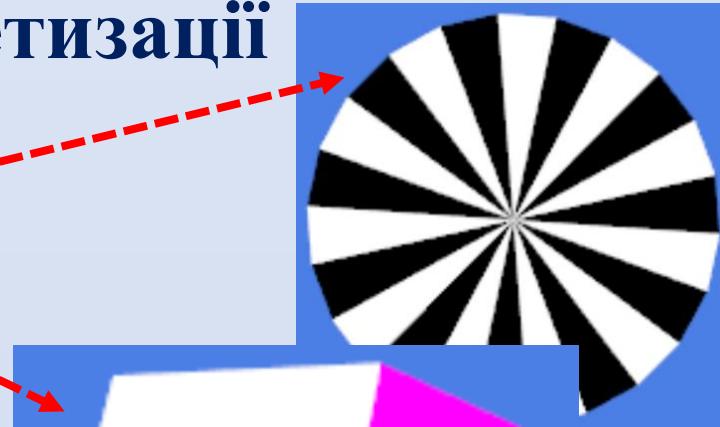
Пропуск окремих
пікселів

Texture
Aliasing

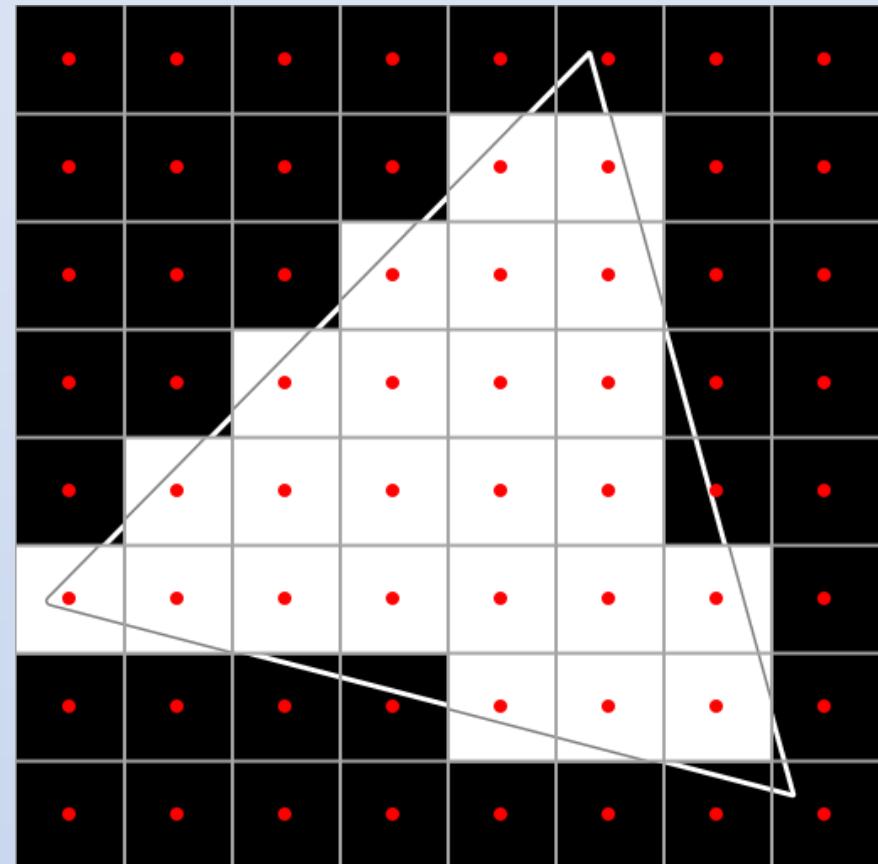
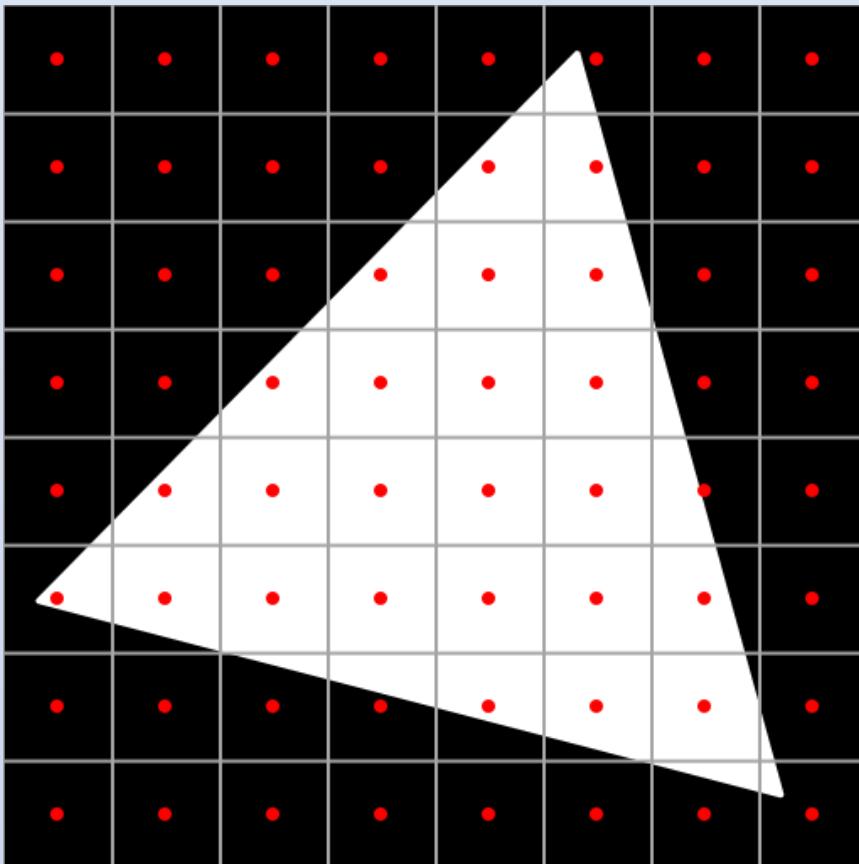
Спотворення
текстур

Shader
Aliasing

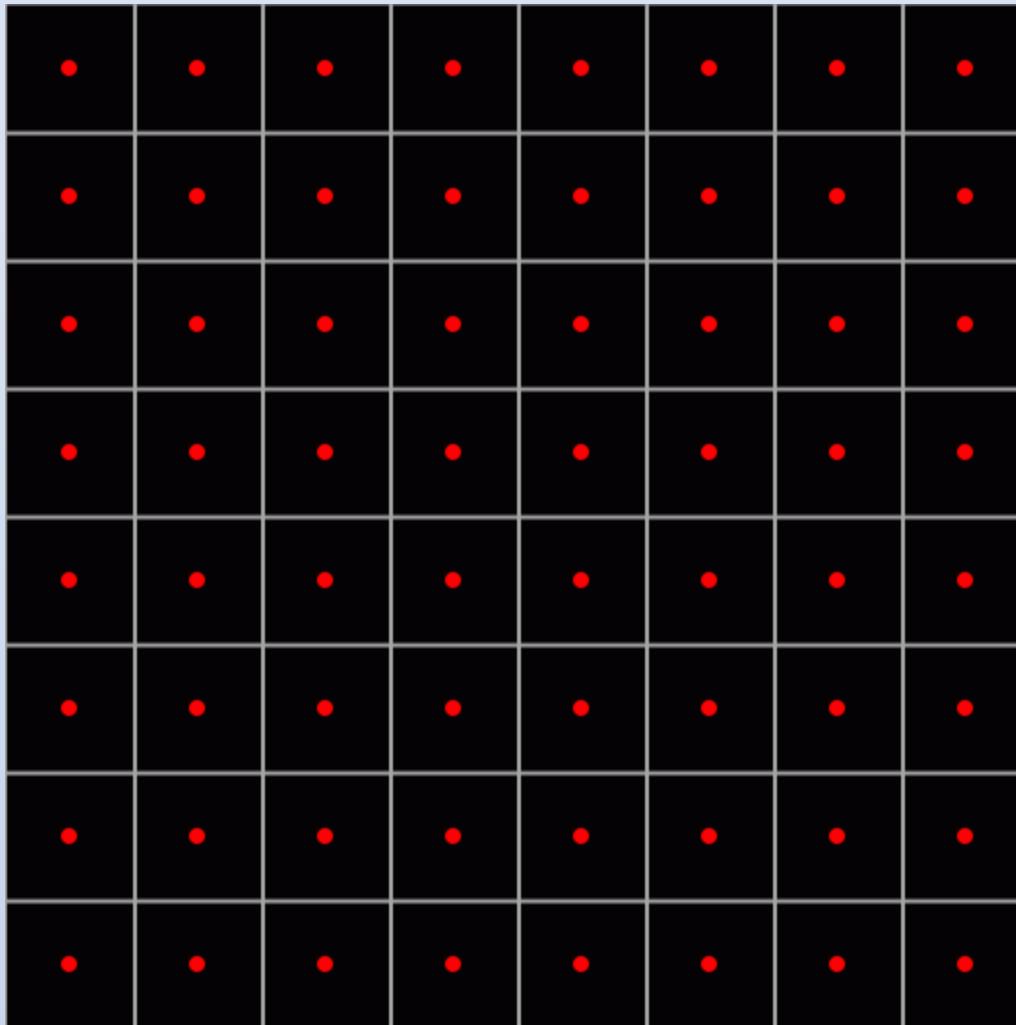
Помилки
шейжеру



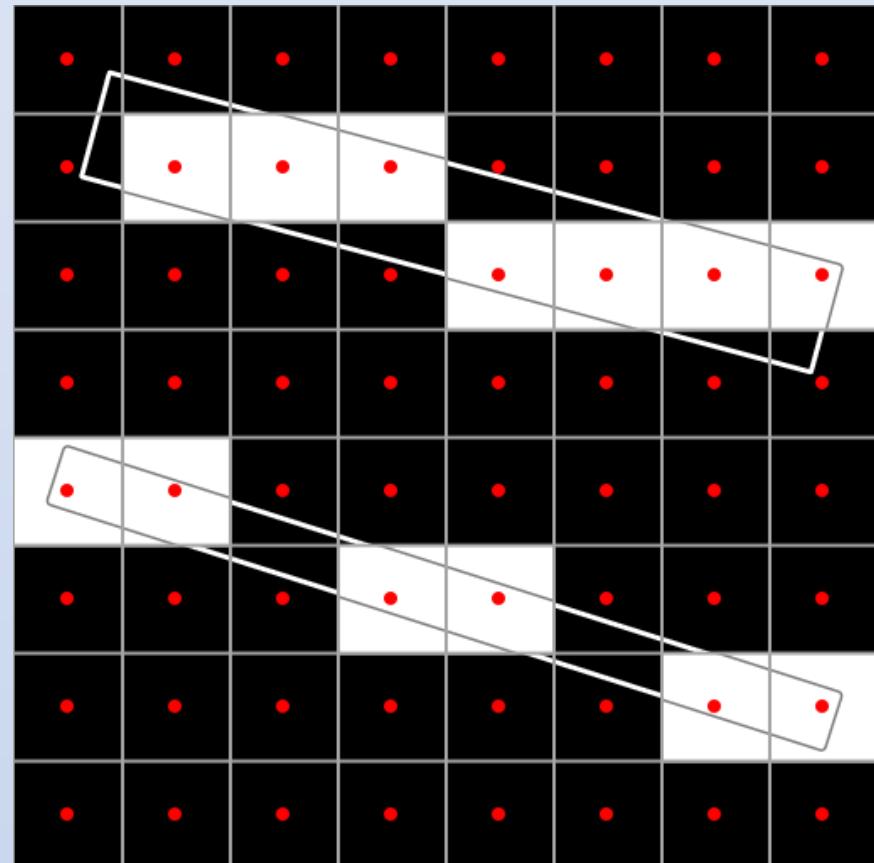
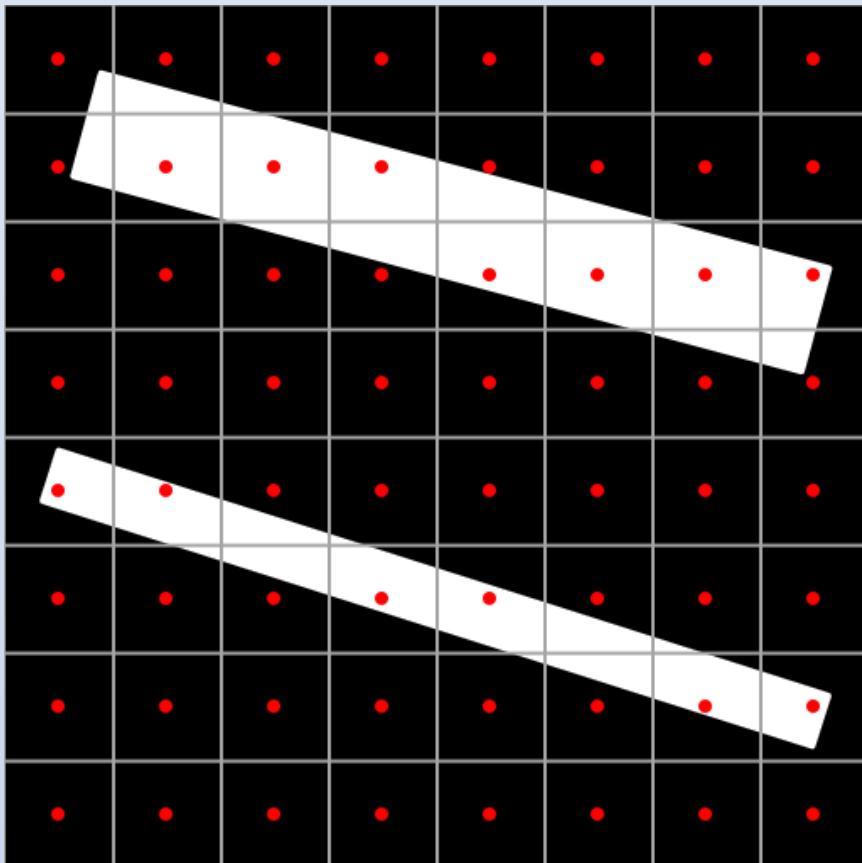
Геометричне спотворення



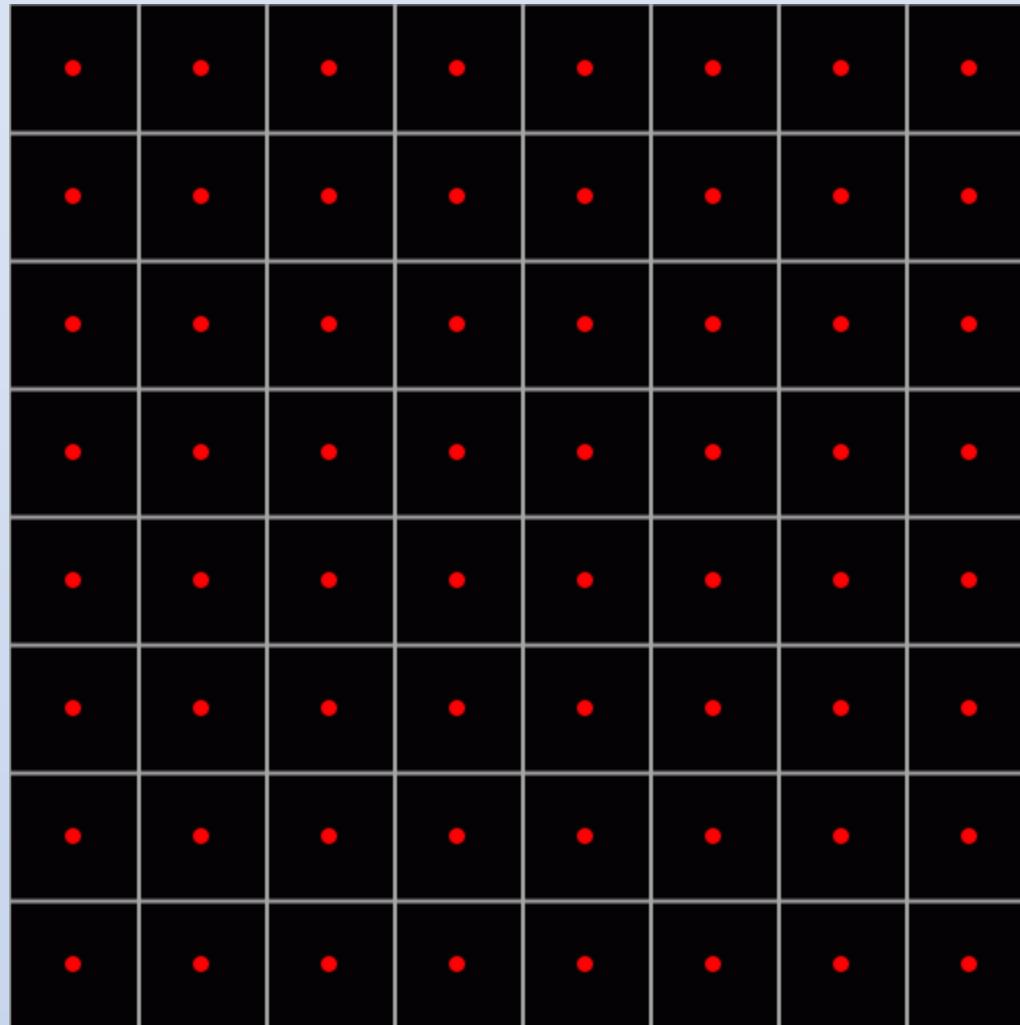
Геометричне спотворення



Пропуск



Пропуск



Класифікація методів згладжування

SuperSampling AA
(суперсемплювання)

SSAA

FSAA

MSAA

TrSSAA

CSAA

QGSSAA

QCSAA

RGSSAA

FXAA

SGSSAA

MLAA

JGSSAA

SRAA

CMAA

MFAA

GBAA

TXAA

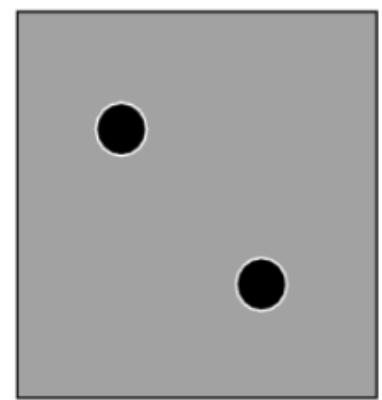
TSSAA

<https://soft-tuning.ru/zhelezo/40-%D1%81%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5.html>

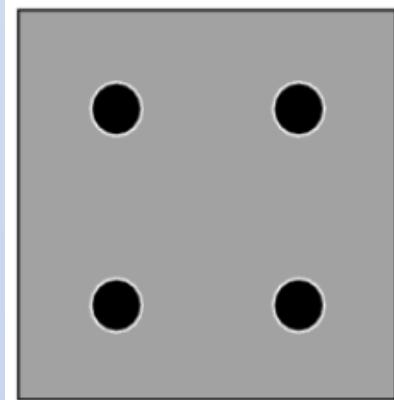
Надсемплювання SSAA

SSAA – SuperSample Anti Aliasing

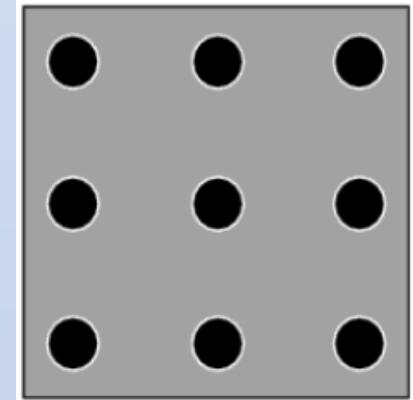
Загальна ідея – рендерінг на збільшенному растрі, визначення відсотка пікселя, який займає певна область у векторній графіці – тобто: квадрат розміром пікселя поділяється на декілька підпікселів (subpixels) – які використовуються обчислення кольору пікселя.



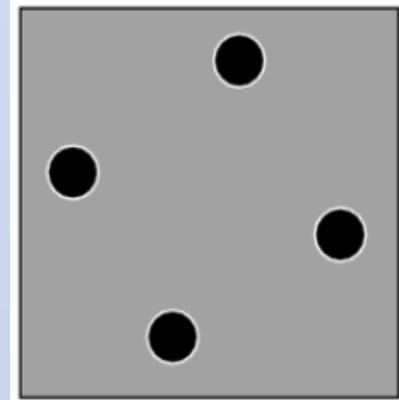
2 Samples



4 Samples



9 Samples



4 Samples
rotated

Надсемплювання SSAA

Обчислення

Інтенсивність
піксела

$$I_{i,j} = \frac{1}{K * L} \sum_{k,l=0}^{K,L} (I_{i-k,j-l})$$

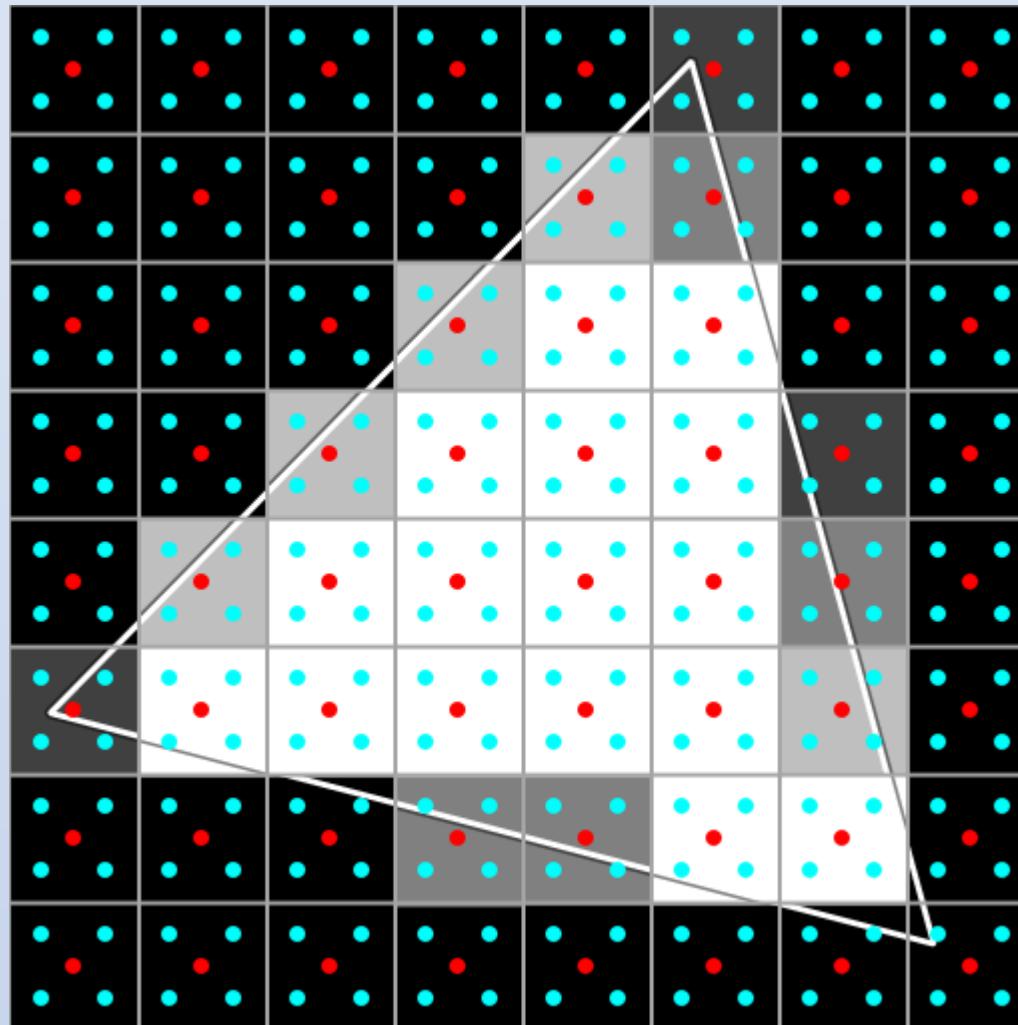
Кількість
субпікселів

Інтенсивність
субпікселів

Фільтр, що усереднює!

Варіації: інше розташування субпікселів, інші фільтри,
урахування глибини

Надсемплювання SSAA



Мультісемплювання MSAA

MSAA - MultySample Anti Aliasing

Мультісемплювання. Зміна SSAA, зображення рендериться в збільшенному растрі, але продуктивність досягнута за рахунок AA тільки країв об'єкта, а не всієї картинки як в SSAA. Рекомендовано використовувати на низькій роздільній здатності.

Розвиток SSAA\MSAA

CSAA	<i>Coverage Sampling Anti-Aliasing, Згладжування з перекриттям</i>
FSAA	<i>Full Scene Anti-Aliasing, Повноекранне згладжування</i>
QSAA	<i>Quality Coverage Sampling Anti-Aliasing, Згладжування з перекриттям підвищеної якості</i>
EQAA	<i>Enhanced Quality Anti-Aliasing, CSAA у AMD, відрізняються положенням семплів.</i>
AAA	<i>Adaptive Anti-Aliasing, Адаптивне згладжування (від AMD, суміш MSAA/SSAA)</i>
TrAA	<i>Transparency Anti-Aliasing, Прозоре згладжування (AAA від Nvidia)</i>
TrAAA	<i>Transparency Adaptive Anti-Aliasing = TrAA</i>
TrMSAA	<i>Transparency Multi-Sampling Anti-Aliasing, Прозоре згладжування з мультісемплюванням</i>
TrMSAA	<i>Transparency Super-Sampling Anti-Aliasing, Прозоре повноекранне згладжування з мультісемплюванням</i>

Аналітичні методи згладжування

MLAA - Morphological Anti Aliasing

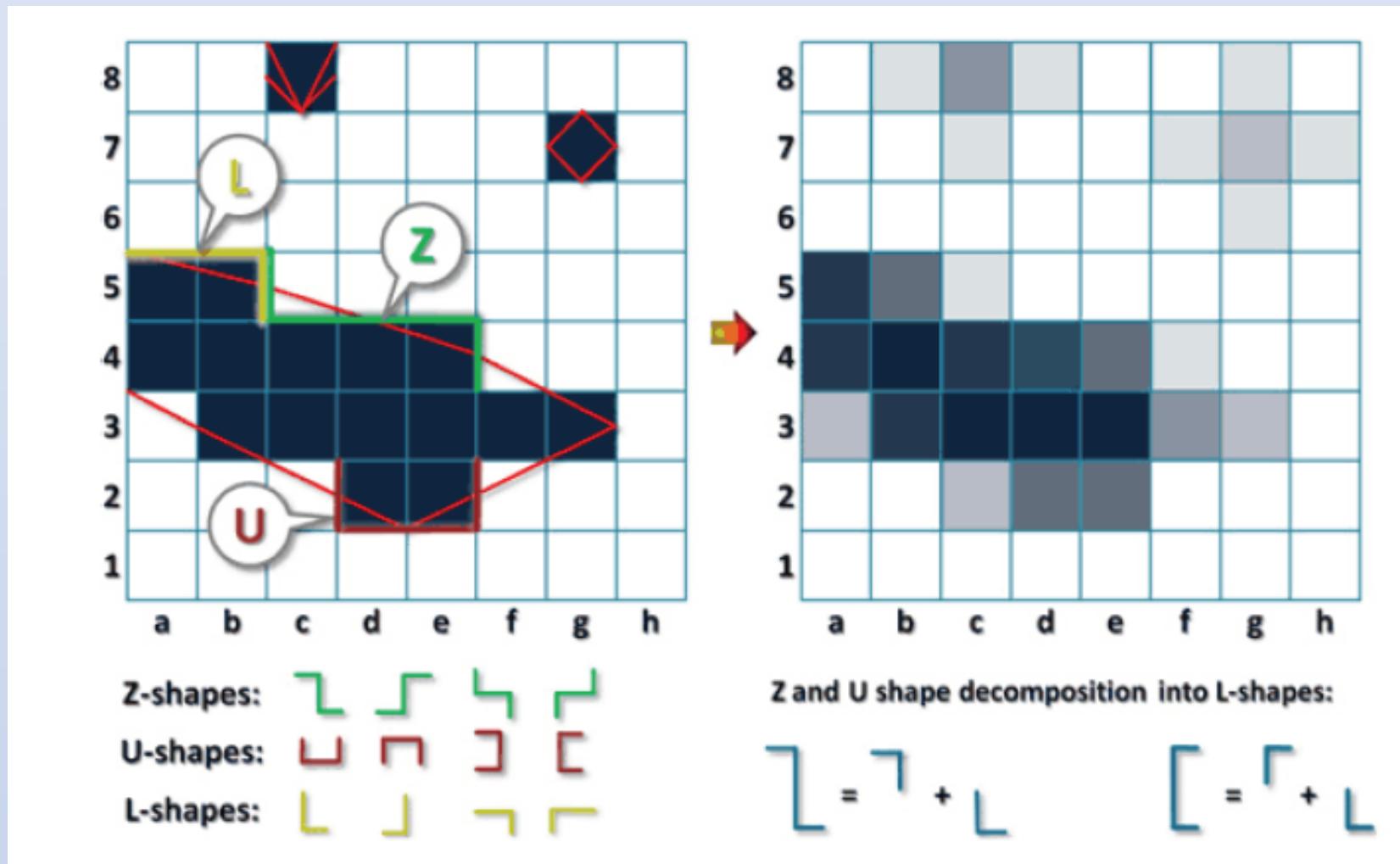
Розробка Intel (2011). Алгоритм, шукає піксельні кордони, схожі на букви Z, L і U і змішує кольори сусідніх пікселів, що входять в кожну таку частину. Три етапи:

- знайти розриви між пікселями на зображенні.
- визначити Z, L і U -подібні шаблони.
- змішайте кольори поруч із цими шаблонами.

Алгоритм орієнтовно на використання CPU, а не GPU. Є реалізація AMD, технічно може використовувати і NVidia.

<https://software.intel.com/en-us/articles/morphological-antialiasing-mlaa-sample>

MLAA - Morphological Anti Aliasing



Аналітичні методи згладжування

MLAA	<i>MorphoLogical Anti-Aliasing, Морфологічне згладжування</i>
FXAA	<i>Fast approXimate Anti-Aliasing, Швидке приблизне згладжування (Nvidia)</i>
SRAA	<i>SubPixel Reconstruction Anti-Aliasing, Субпіксельне відтворююче згладжування (Nvidia, ≈ MLAA, використовує Z-буфер)</i>
SMAA	<i>Enhanced SubPixel Morphological Anti-Aliasing, Субпіксельне морфологічне згладжування (MLAA + SSAA / MSAA).</i>
CMAA	<i>Conservative Morphological Anti-Aliasing, Консервативне морфологічне згладжування (суміш FXAA & SMAA)</i>
MFAA	<i>Multi-Frame Sampled Anti-Aliasing, Мультікадрове згладжування (Nvidia, змішування поточного кадру, попереднього та наступного)</i>
GBAA	<i>Geometry Buffer Adaptive Anti-Aliasing, Згладжування з урахування геометричного буфера</i>

Темпоральне (часове) згладжування

Temporal Anti-Aliasing (ТАА)

ТАА - зменшує наслідки тимчасового еліайсінгу. Для цього застосовується **часовий фільтр** згладжування (фільтр нижніх частот). Визначається, які об'єкти охоплюють певні пікселі в будь-який момент часу. Перші версії використовували функції тимчасової інтенсивності високої роздільної здатності з атрибутів об'єктів сцени, які потім об'єднуються фільтром усереднення для обчислення згладженого зображення.

https://en.wikipedia.org/wiki/Temporal_anti-aliasing

Темпоральне (часове) згладжування

ТАА	<i>Temporal Anti-Aliasing, Часове згладжування (від Nvidia)</i>
АТАА	<i>Adaptive temporal Anti-Aliasing, адаптивне часове згладжування (від Nvidia)</i>
TXAA	<i>Temporal appRoXimate Anti-Aliasing, Часове приблизне згладжування (від Nvidia)</i>
TSSAA	<i>Temporal Super Sampling Anti-Aliasing, Часове згладжування з надлишковою вибіркою (TXAA від сторонніх фірм)</i>

<https://www.overclockers.ua/news/hardware/2018-07-31/122698/>

<https://sketchfab.com/blogs/community/introducing-temporal-anti-aliasing/>

Порівняння методів згладжування

quantity

antialiasing method	depth	coverage	geometry	shading values	storage	BW
no antialiasing	x					
multisampling antialiasing MSAA [Ake93]						
coverage sampling antialiasing CSAA [You06]						
supersampling antialiasing SSAA [Lei80]		x				
MLAA [Res09, BHD10, Per10, Bir11, JME*11], FXAA [Lot11], SMAA 1x [JES*12]		x				
a directionally adaptive edge antialiasing [IYP09, Joh12]	x					
geometric methods [BWG03, CD05, Mal10, GG12, Per12]	x	x	x			
edge blurring: directionally localized DLAA [And11]; normal filter NFAA, screen-space SSAA [Uni11]		x				
temporal <u>reprojection</u> [NSL*07, YNS*09, Kap10]		x				
spatial/temporal supersampling + morphological antialiasing SMAA 4x [JES*12]		x				
deferred MSAA [Pet10]		x				
subpixel reconstruction antialiasing SRAA [CML11]		x				
surface based antialiasing SBAA [SV12]						
resampling antialiasing RSAA [Res12]						

legend:

- sampling rate per pixel
- X: not used
- once
- some
- many
- all
- infinity

Рекомендована література

- **Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В.** Методи обробки зображень та комп'ютерний зір: навчальний посібник. - Д.: Ліра, 2016 — 148 с.
- **Красильников Н.Н.** Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб.пособие.- СПб.: БХВ-Петербург, 2011.- 608 с.: ил.
- **Гонсалес Р.С., Вудс Р.Э.** Цифровая обработка изображений. - М. : Техносфера, 2005. -1070 с.
- **Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю. и др.** Обработка и анализ зображений в задачах машинного зрения.-М.: Физматкнига, 2010.-672 с.

Рекомендована література

- **Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В.** Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. - 384 с.
- **Творошенко І.С.** Конспект лекцій з дисципліни «Цифрова обробка зображень» / І.С. Творошенко : І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 75 с.
- Методи комп'ютерної обробки зображень: Учебное пособие для ВУЗов/ Под ред.: **Сойфер В.А..** - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2003. - 780 с.
- **Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю.** Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. - СПб: СПБГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

Додаткова література

- Грузман И.С., Киричук В.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2002. — 352 с.: ил.
- Solomon C., Breckon T. Fundamentals of Digital Image Processing. — Willey-Blackwell, 2011 - 344 р.
- Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1986. — 400 с.
- Яншин В. В., Калинин Г. А. Обработка изображений на языке Си для IBM PC: Алгоритмы и программы. — М.: Мир, 1994. — 240 с.

Інформаційні ресурси

- Комп'ютерна обробка зображень. Конспект лекцій. http://aco.ifmo.ru/el_books/image_processing/
- Цифрова обробка зображень [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / НТУУ «КПІ» ; уклад.: В. С. Лазебний, П. В. Попович. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,41 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 73 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21035>
- <https://www.youtube.com/watch?v=CZ99Q0DQq3Y>
- <https://www.youtube.com/watch?v=FKTLW8GAdu4>

The END
Modulo 2. Лекція 6