

КОМП'ЮТЕРНИЙ СИНТЕЗ та ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ

Digital Image Processing - DIP

2021 / 2022 навчальний рік

АНТІАЛІАСІНГ

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

Артефакти дискретизації

Geometry
Aliasing

Геометричні
спотворення 2D

Geometry
Aliasing (3D)

Геометричні
спотворення 3D

Transparency
Aliasing

Спотворення
прозорості

Sub-pixel
Aliasing

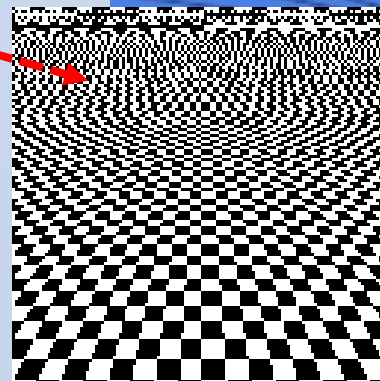
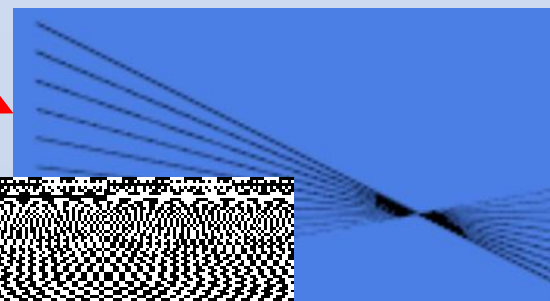
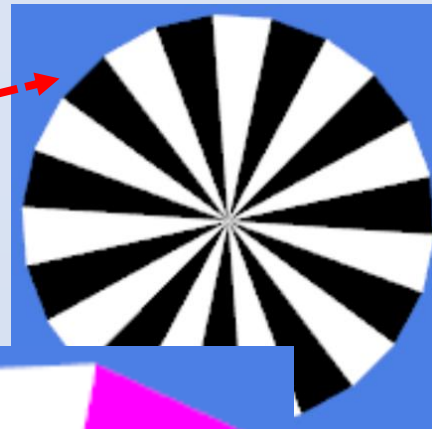
Пропуск окремих
пікселів

Texture
Aliasing

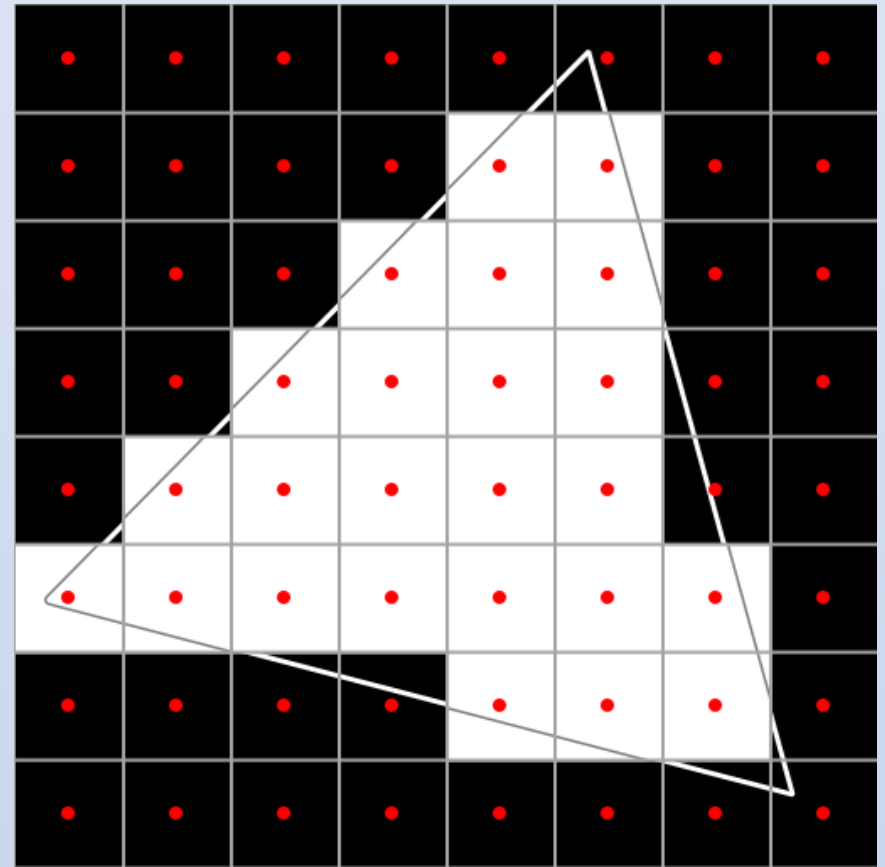
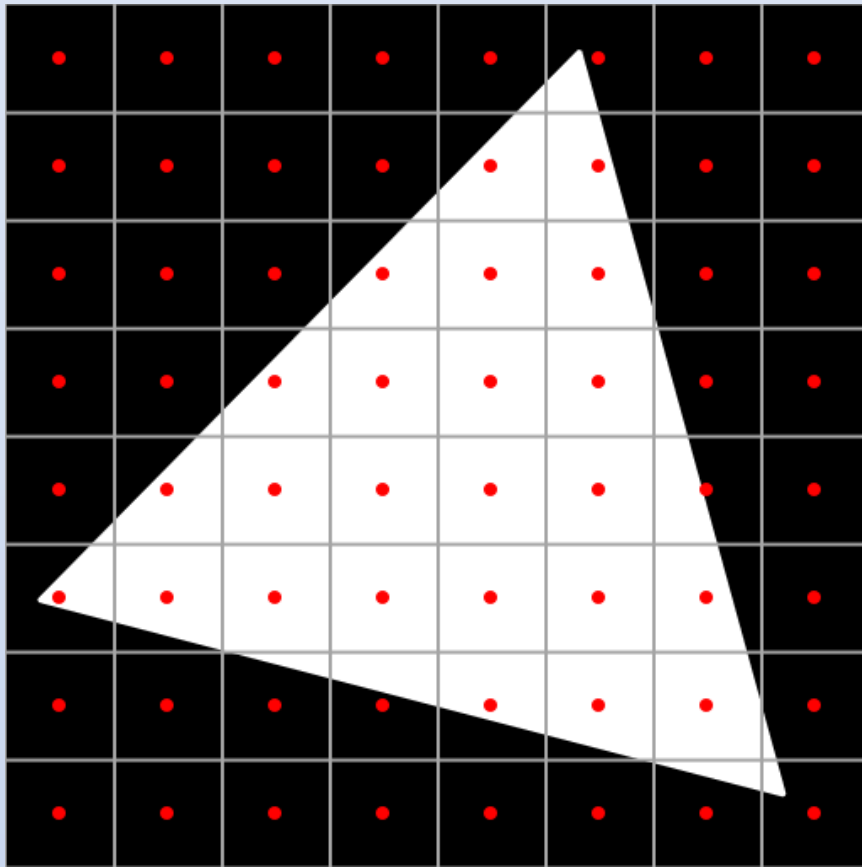
Спотворення
текстур

Shader
Aliasing

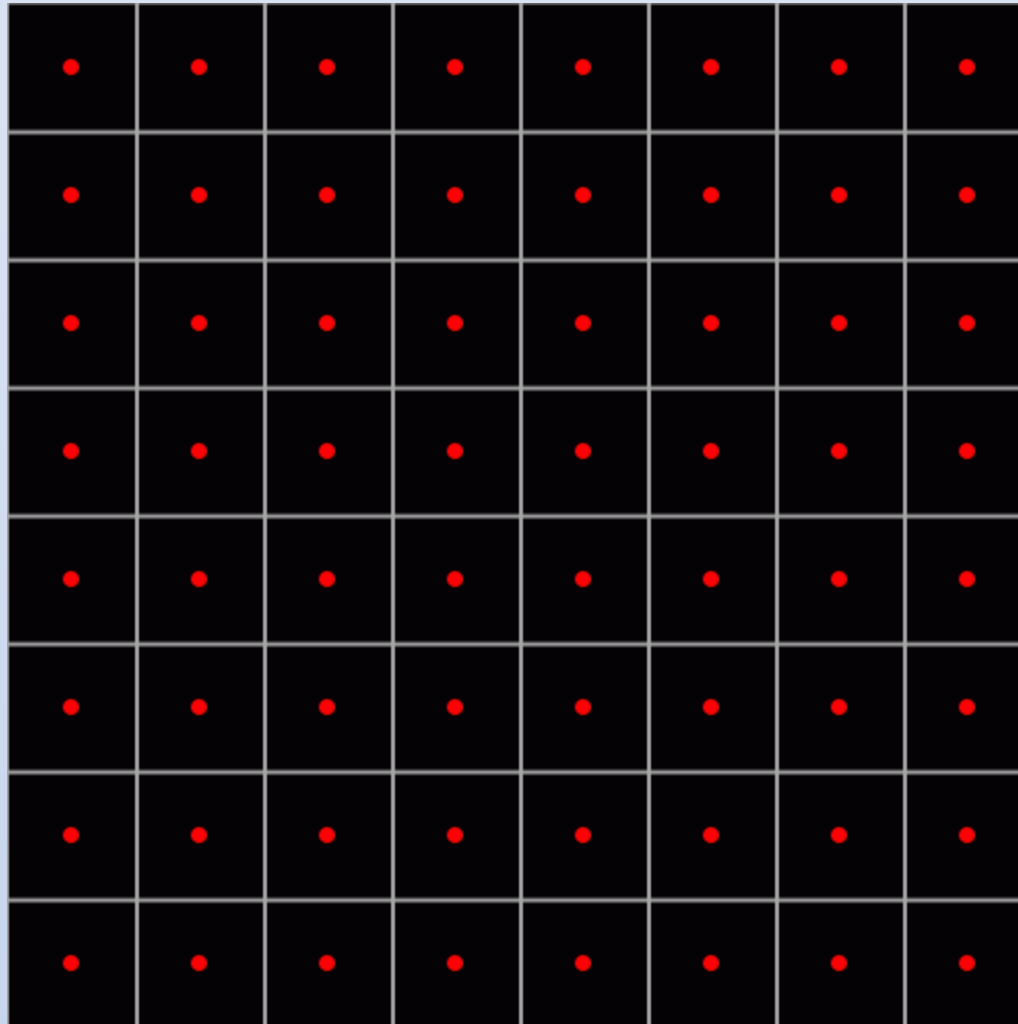
Помилки
шейжера



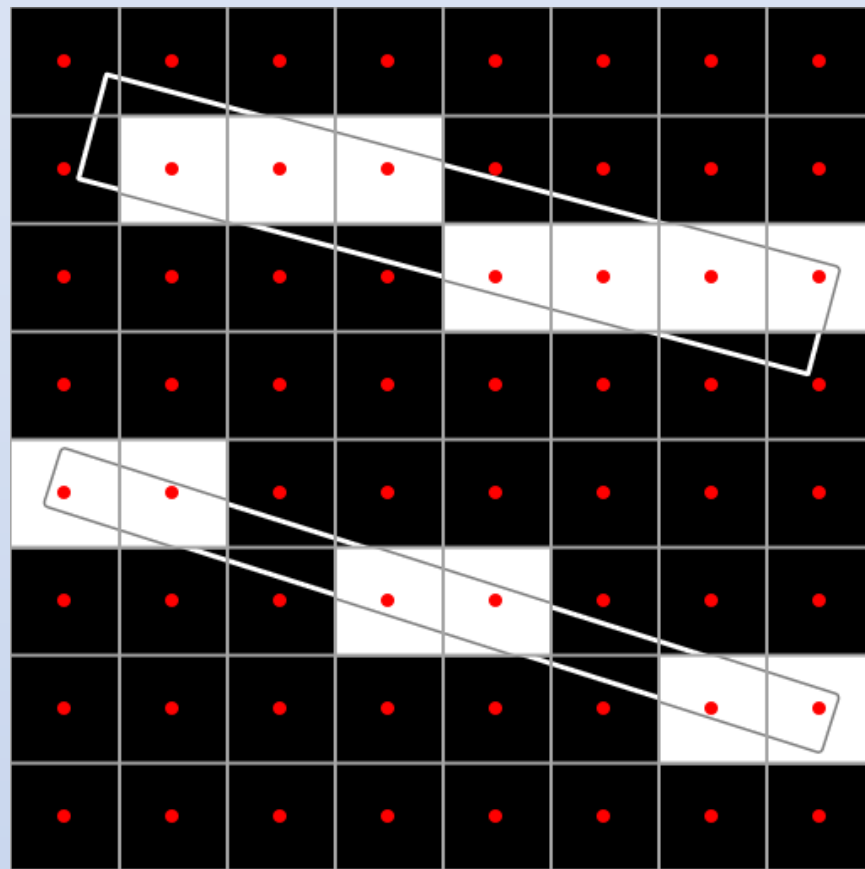
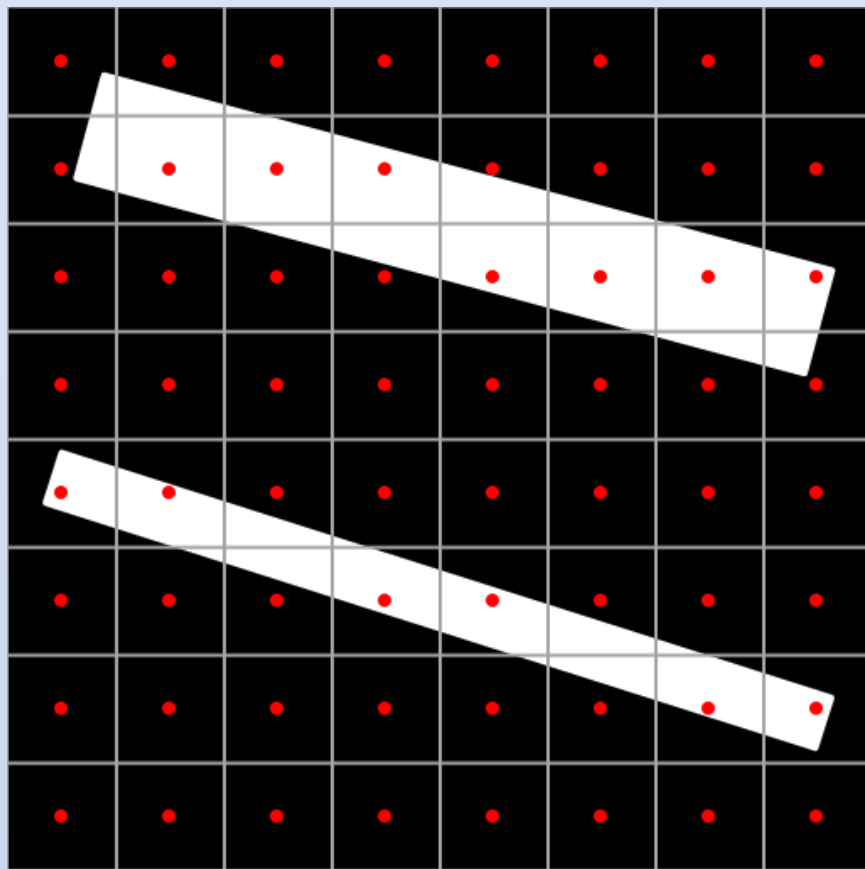
Геометричне спотворення



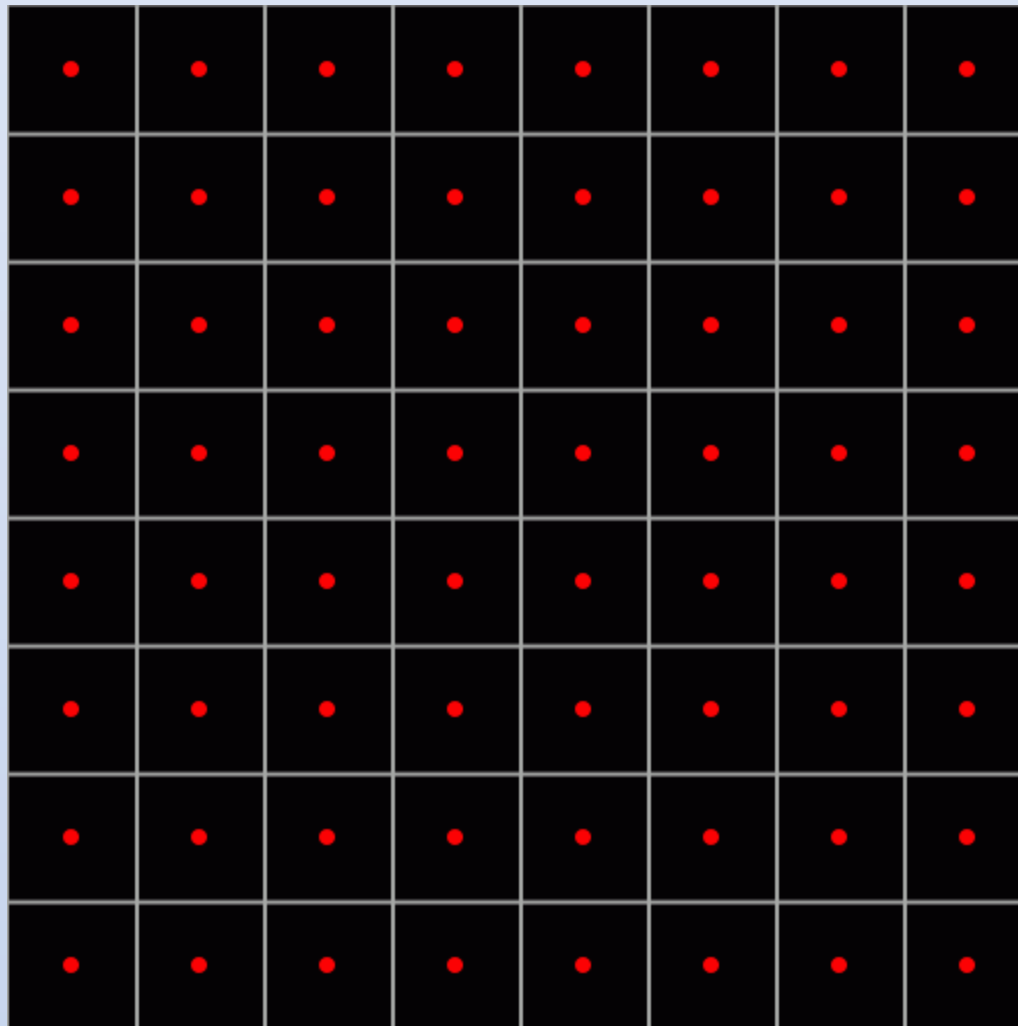
Геометричне спотворення



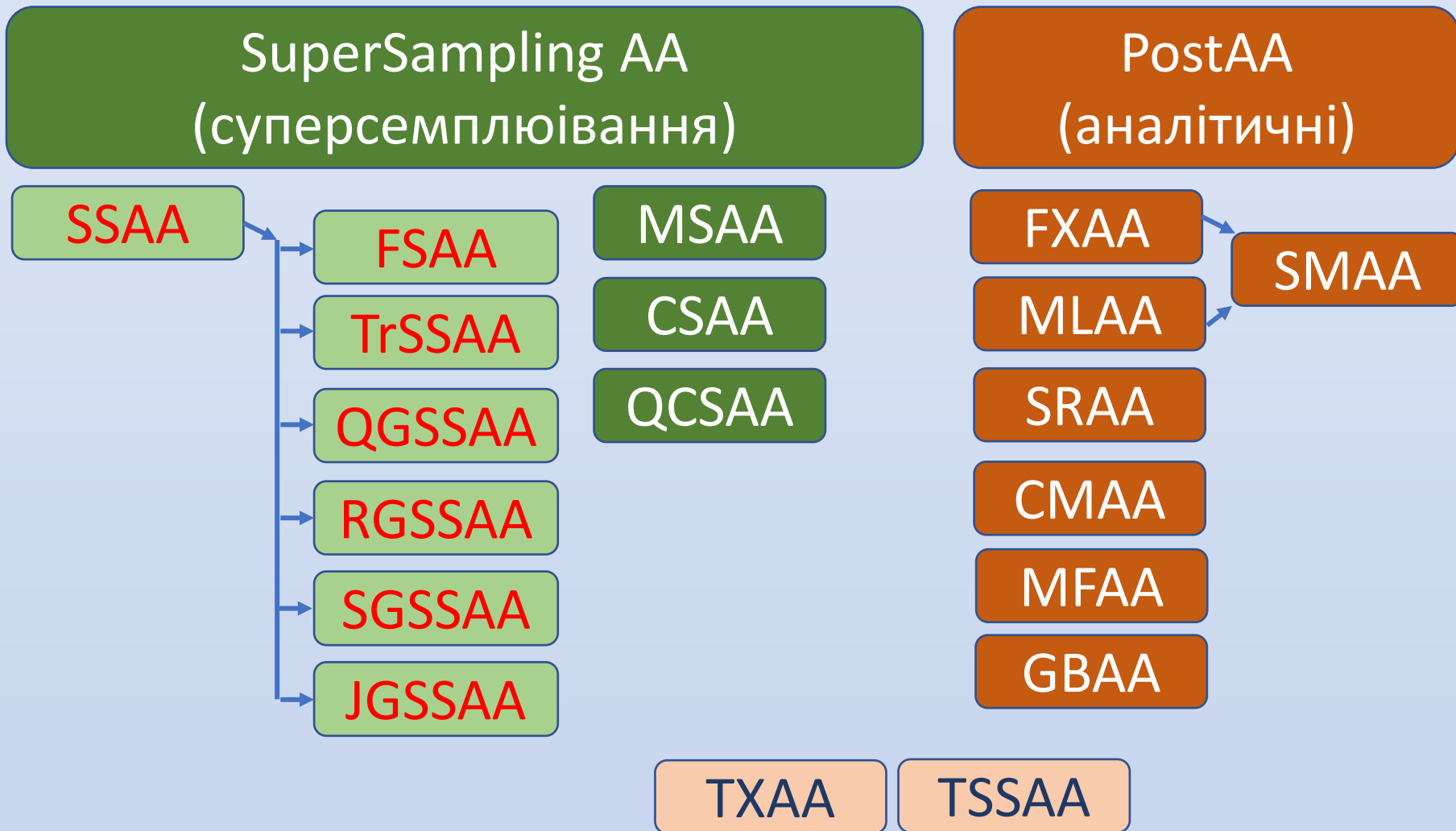
Пропуск



Пропуск



Класифікація методі згладжування



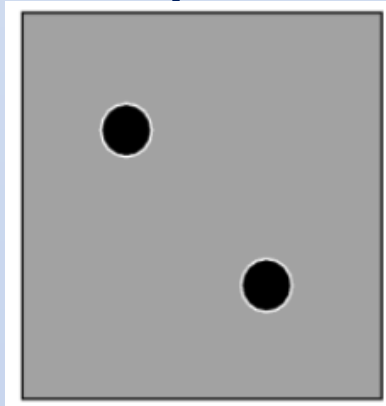
<https://soft-tuning.ru/zhelezo/40->

[%D1%81%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5.html](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)

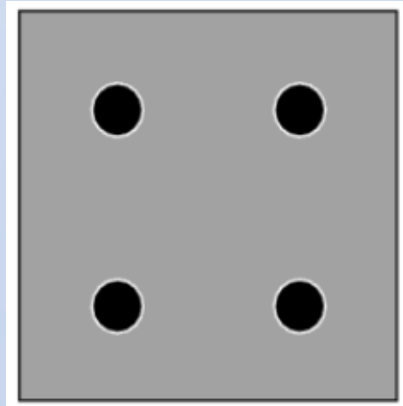
Надсемплювання SSAA

SSAA – SuperSample Anti Aliasing

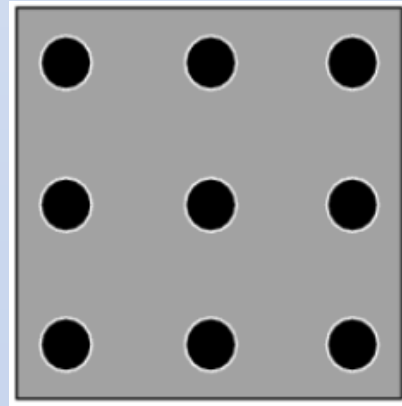
Загальна ідея – рендерінг на збільшеному растрі, визначення відсотка пікселя, який займає певна область у векторній графіці – тобто: квадрат розміром пікселя поділяється на декілька підпікселів (subpixels) – які використовуються обчислення кольору пікселя.



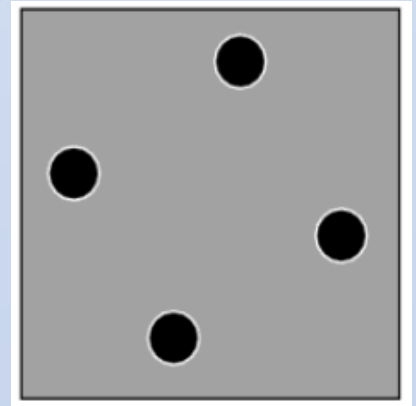
2 Samples



4 Samples



9 Samples



4 Samples
rotated

Надсемплювання SSAA

Обчислення

Інтенсивність
піксела

Інтенсивність
субпікселів

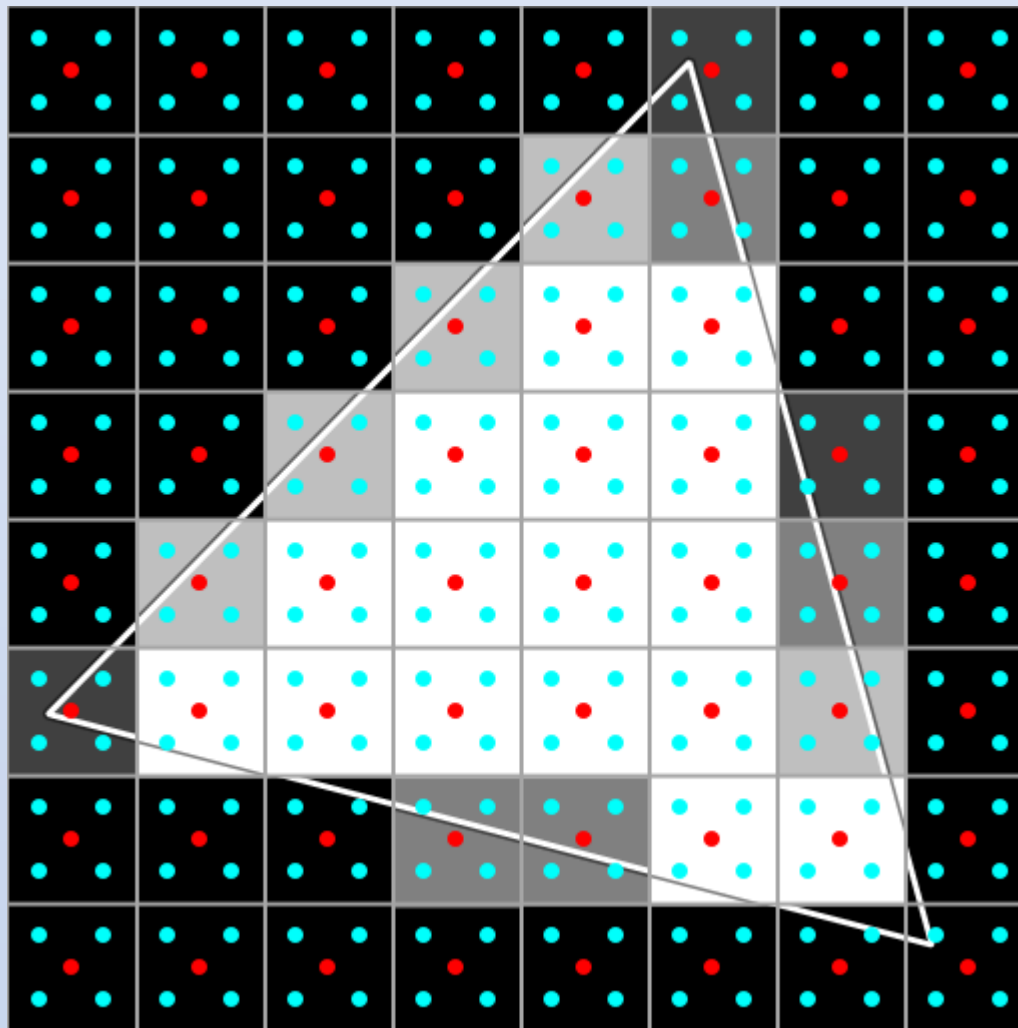
$$I_{i,j} = \frac{1}{K * L} \sum_{k,l=0}^{K,L} (I_{i-k,j-l})$$

Кількість
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 збільшеному 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 мультисемплюванням</i>
TrMSAA	<i>Transparency Super-Sampling Anti-Aliasing, Прозоре повноекранне згладжування з мультисемплюванням</i>

Аналітичні методи згладжування

MLAA – Morphological Anti Aliasing

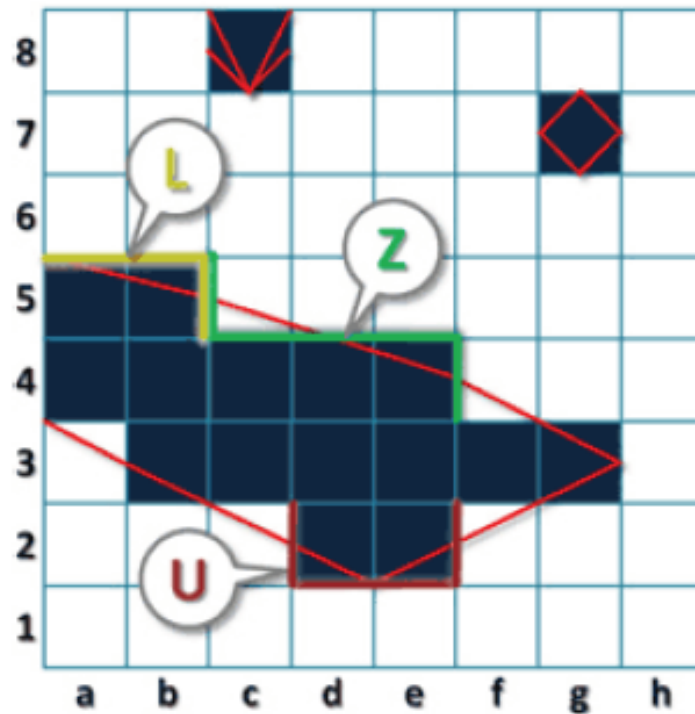
Розробка Intel (2011). Алгоритм, шукає піксельні кордони, схожі на букви Z, L і U і змішує кольори сусідніх пікселів, що входять в кожну таку частину. Три етапи:

- 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>

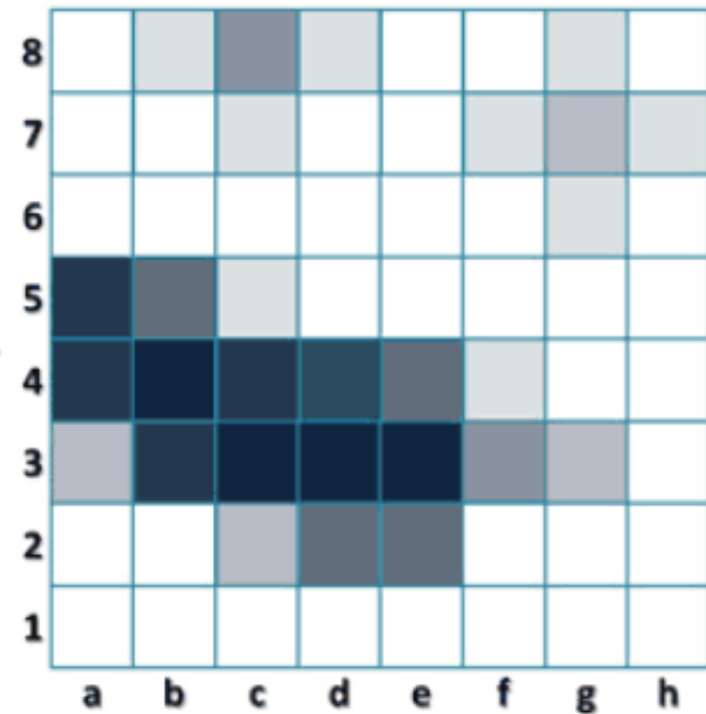
MLAA - Morphological Anti Aliasing



Z-shapes: 

U-shapes: 

L-shapes: 



Z and U shape decomposition into L-shapes:

$$\begin{matrix} \text{Z-shape} \\ \text{U-shape} \end{matrix} = \begin{matrix} \text{L-shape} \\ \text{L-shape} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{L-shape} \\ \text{L-shape} \end{matrix}$$

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 Reconstraction Anti-Aliasing, Субпіксельне відтворююче згладжування (Nvidia, \approx 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 буферу</i>

Темпоральне (часове) згладжування Temporal Anti-Aliasing (TAA)

TAA - 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

TAA	<i>Temporal Anti-Aliasing, Часове згладжування (від Nvidia)</i>
ATAA	<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

antialiasing method \ quantity	depth	coverage	geometry	shading values	storage	BW
no antialiasing		x				
multisampling antialiasing MSAA [Ake93]						
coverage sampling antialiasing CSAA [You06]						
<u>supersampling</u> antialiasing SSAA [Lel80]		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				
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				
<u>subpixel</u> 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

∞

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 изображений 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.
- Методы компьютерной обработки изображений: 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 p.
- **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

- Компьютерная обработка изображений. Конспект лекций. 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