

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

Wykorzystanie sztucznej inteligencji do grafiki w grach

19 maja 2022

1 Upscaling

2 Super-rozdzielczość

3 Ray Tracing

4 Fotogrametria

Texture Upscaling

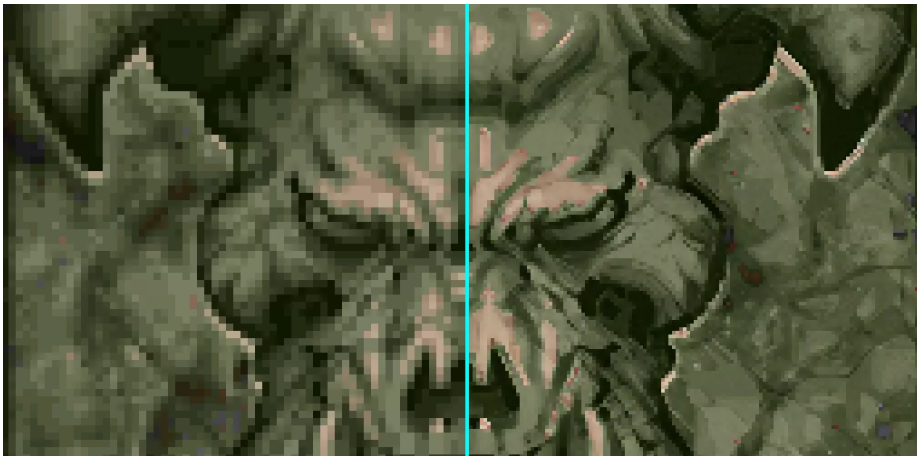
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Texture Upscaling

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

- Technika zwiększania rozdzielczości obrazów
- Motywacja: poprawa grafiki w starych grach
- Wykorzystywane w projektach fanowskich...
 - Doom Neural Upscale 2X
 - Deus Ex – New Vision 2.0
 - Max Payne Remastered
- ...jak również w projektach komercyjnych
 - Mass Effect Legendary Edition
 - Grand Theft Auto: The Trilogy – Definitive Edition

Texture Upscaling

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Rysunek: Deus Ex: New Vision

Texture Upscaling

Wykorzystanie sztucznej inteligencji do grafiki w grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Rysunek: Doom Neural Upscale 2X

- Wykorzystanie modelu ESRGAN
- Tekstury oryginalnie zwiększane ośmiokrotnie
- Następnie redukowane do dwukrotnej rozdzielczości
- Ręczne usuwanie artefaktów

SRGAN (2017)

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

- SRGAN - Super-Resolution Generative Adversarial Networks
- Generowanie obrazów w wyższej rozdzielczości na podstawie pojedynczego obrazu
- Oparte na sieciach GAN (generative adversarial network)
 - Dwie konkurujące sieci
 - Sieć generatywna generuje obrazy w wyższej rozdzielczości
 - Sieć dyskryminacyjna rozróżnia obrazy o natywnie wysokiej rozdzielczości od obrazów skalowanych
 - Obie sieci uczone jednocześnie
- Wykorzystywana percepcyjna funkcja straty złożona z dwóch elementów:
 - *adversarial loss* – strata oparta na realistyczności wytworzonego obrazu
 - *content loss* – strata oparta na aktywacjach warstwy ukrytej sieci VGG

<https://arxiv.org/pdf/1609.04802.pdf>

Texture Upscaling

Wykorzystanie sztucznej inteligencji do grafiki w grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

bicubic
(21.59dB/0.6423)



SRResNet
(23.53dB/0.7832)



SRGAN
(21.15dB/0.6868)



original



Rysunek: Od lewej - interpolacja dwusześcienna, ResNet minimalizujący błąd średniokwadratowy (SRResNet), SRGAN, oryginał. Skalowanie X4.

Texture Upscaling

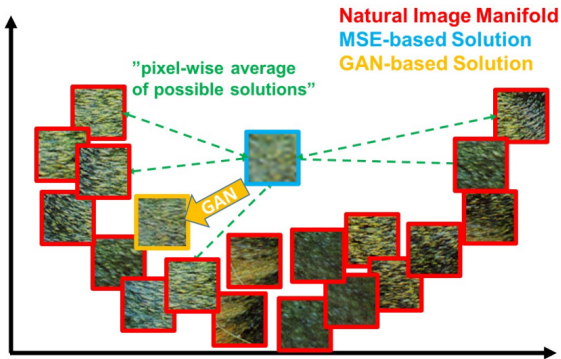
Wykorzystanie sztucznej inteligencji do grafiki w grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Rysunek: Minimalizacja błędu średniokwadratowego prowadzi do rozmazanego obrazu. Wykorzystanie błędu opartego na aktywacjach warstwy ukrytej sieci VGG kieruje uczenie w stronę obrazów o wyższym stopniu szczegółowości.

Texture Upscaling - ESRGAN (2018)

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

- ESRGAN – Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Networks
- Modyfikacja architektury – używany jest Residual-in-Residual Dense Block (RRDB)
- Wykorzystanie relatywistycznego GANa (względne prawdopodobieństwo, że prawdziwy obraz jest bardziej realistyczny niż fałszywy, zamiast prawdopodobieństwa że obraz jest prawdziwy)
- Percepcyjna funkcja straty wykorzystuje cechy sprzed warstwy aktywacji

<https://arxiv.org/pdf/1809.00219.pdf>

Texture Upscaling

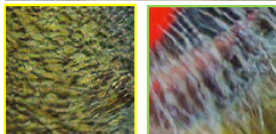
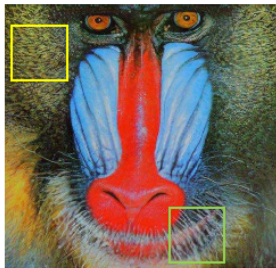
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

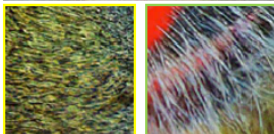
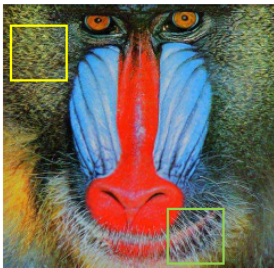
Super-rozdzielczość

Ray Tracing

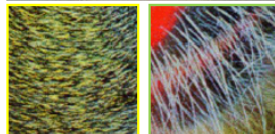
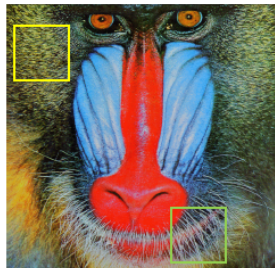
Fotogrametria



SRGAN



ESRGAN



Ground Truth

DLSS - Deep Learning Super Sampling

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



- Algorytm renderowania grafiki w super rozdzielczości
- Motywacja: nagły skok w zapotrzebowaniu na moc obliczeniową (ray tracing, 4K, AR, VR)

DLSS - Deep Learning Super Sampling

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



- Obraz jest najpierw renderowany w niższej rozdzielczości
- Następnie przechodzi przez sieć neuronową w celu jej zwiększenia
- Technologia dedykowana dla kart Nvidia: GeForce RTX 20, GeForce RTX 30 i Quadro RTX
- Wykorzystuje rdzenie Tensor występujące w wykorzystywanej w tych kartach architekturze Turing
 - Rdzenie Turing są dedykowane do zadań sztucznej inteligencji
- Wysoki wzrost wydajności kosztem lekkiego spadku jakości

DLSS

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

- Sieć neuronowa podzielona jest na dwa etapy
 - Etap pierwszy: wzbogacenie obrazu (wzmocnienie krawędzi, anti-aliasing)
 - Etap drugi: skalowanie wzbogaconego obrazu do wyższej rozdzielczości
- W obu etapach wykorzystywane są konwolucyjne autoenkodery
- Osobny proces uczenia sieci dla każdej gry
 - Sieci uczone na klastrze obliczeniowym NVIDIA Saturn V
 - Dane uczące zbierane w różnych warunkach, sceneriach itd, w wysokiej rozdzielczości
 - Augmentacja danych - obroty, kolory, szумы

DLSS 2.0

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

- Naprawia szereg problemów
- TAAU (temporal anti-aliasing upsampling)
- W każdym kroku próbkowane są losowe subpiksele
- Super rozdzielczość na podstawie poprzednich klatek i związanych z nimi wektorów ruchu
- Autoenkoder nauczony rozpoznawania i usuwania temporalnych artefaktów
- Nie wymaga uczenia osobnego modelu dla każdej gry!
- Równoczesna poprawa wydajności i jakości obrazu



DLSS 2.0

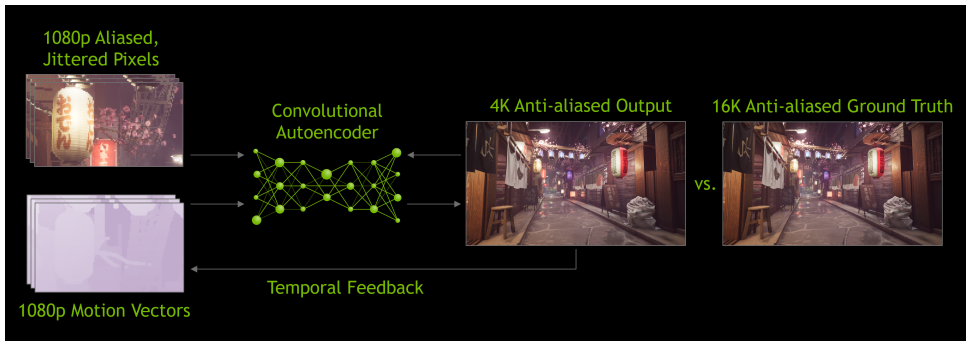
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Rysunek: Architektura procesu uczenia DLSS 2.0

DLSS 2.0

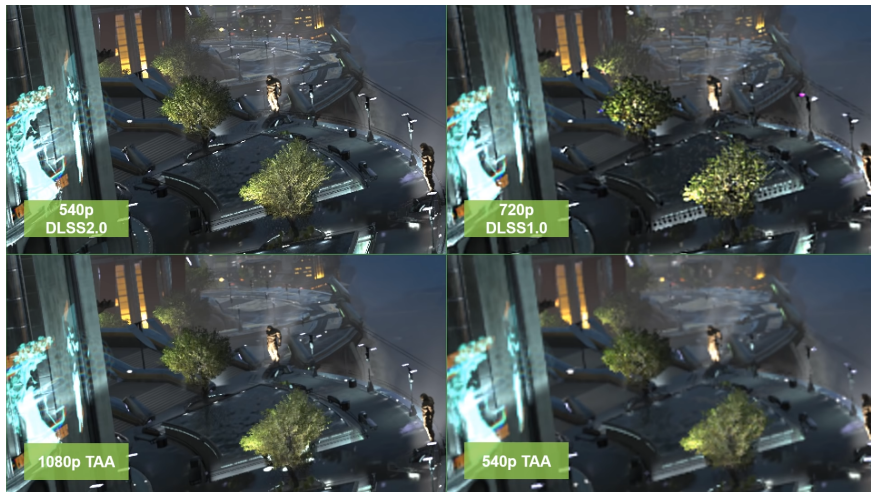
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



DLSS 2.0

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



DLSS 2.0

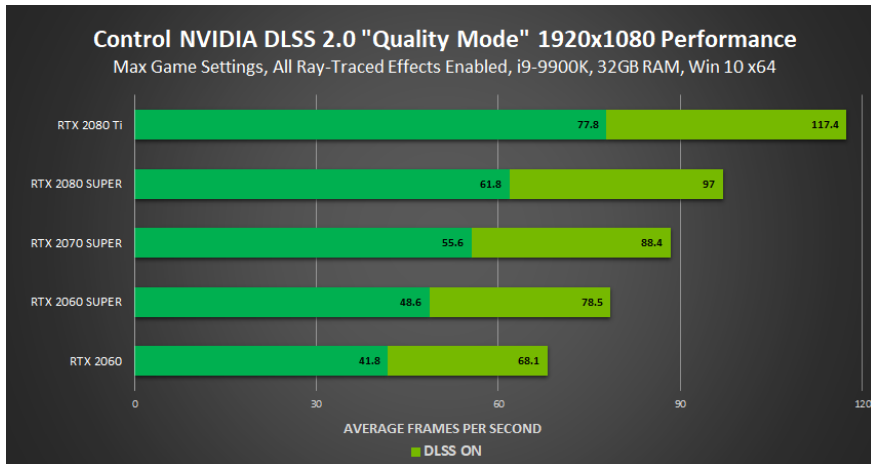
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



DLSS 2.0

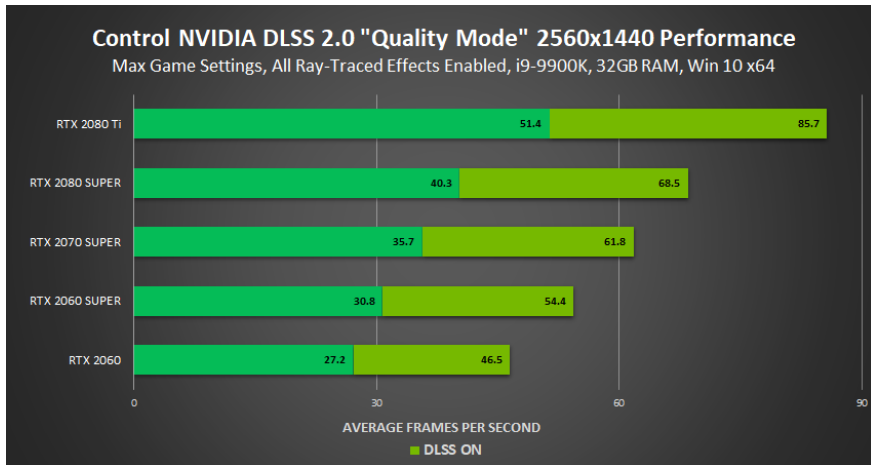
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



DLSS 2.0

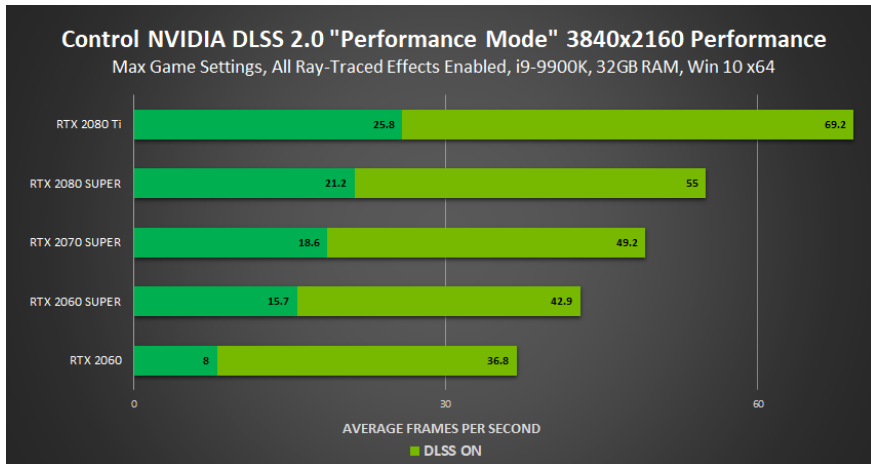
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



FidelityFX

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

AMD

FidelityFX

Super Resolution

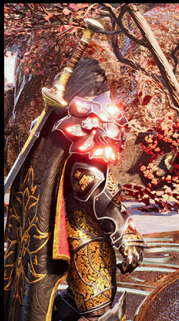
GODFALL



NATIVE



ULTRA QUALITY



QUALITY



BALANCED



PERFORMANCE

FidelityFX

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

Resident Evil™ Village ("Max" preset) ²

Radeon™ RX 6900 XT 4K



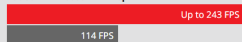
Radeon™ RX 6800 XT 4K



Radeon™ RX 6700 XT 4K



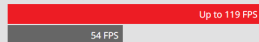
Radeon™ RX 6600 XT 1440p



FSR "Performance" Mode OFF

Deathloop® ("Ultra" preset with raytracing on) ³

Radeon™ RX 6900 XT 4K



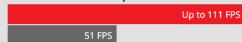
Radeon™ RX 6800 XT 4K



Radeon™ RX 6700 XT 4K



Radeon™ RX 6600 XT 1440p



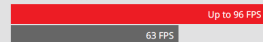
FSR "Performance" Mode OFF

Far Cry® 6 ("Ultra" preset with raytracing on) ⁴

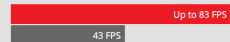
Radeon™ RX 6900 XT 4K



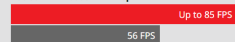
Radeon™ RX 6800 XT 4K



Radeon™ RX 6700 XT 4K



Radeon™ RX 6600 XT 1440p



FSR "Performance" Mode OFF

Ray Tracing

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Ray Tracing

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

- Modelowanie oświetlenia sceny w oparciu o śledzenie ścieżek promieni światła w scenie
- W zależności od sceny, potrzebne nawet tysiące promieni na piksel
- Ray Tracing w grach (np. ReSTIR) wykorzystuje promienie tylko do pierwszego odbicia
- Bardzo wysoka złożoność obliczeniowa dla większej ilości odbić (np. dla renderów)
- Efekt: przy niższym budżecie czasowym obrazy są często mocno zaszumione

Ray Tracing

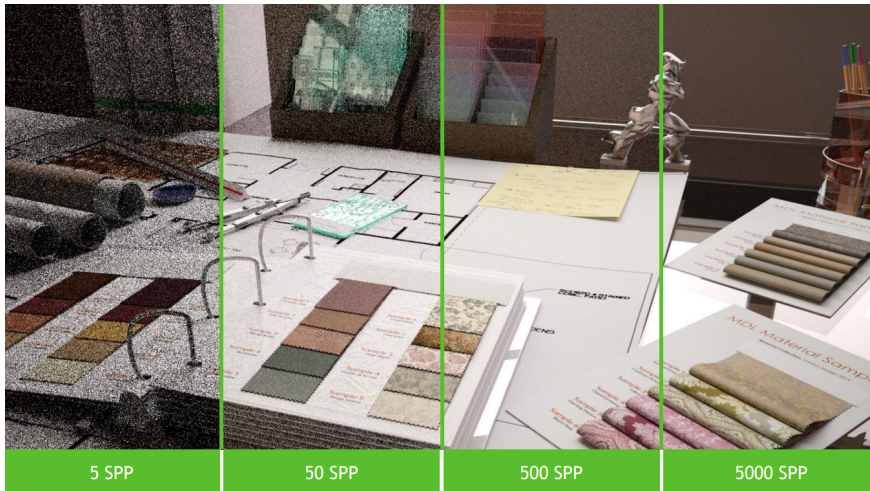
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Ray Tracing

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

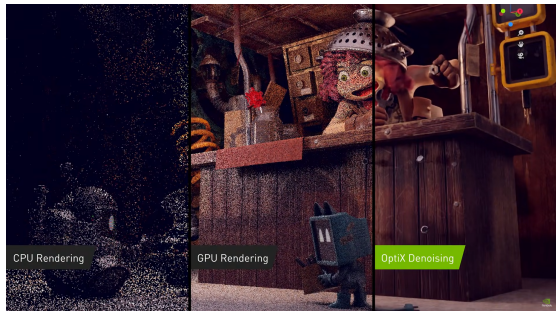
Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

- Optix 5.0 (Nvidia) wykorzystuje sieci neuronowe do odszumiania obrazów wygenerowanych w użyciu ray tracingu
- Wykorzystanie rekurencyjnego autoenkodera
- Sieć uczona na 1000 scen, przy 15 stopniach dokładności (15 000 obrazów)
- <https://www.youtube.com/watch?v=1-5NVNgT70U>



Ray Tracing

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Ray Tracing

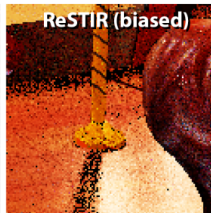
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

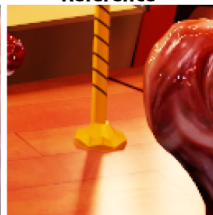
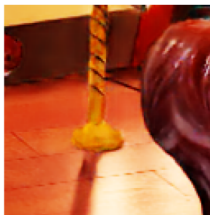
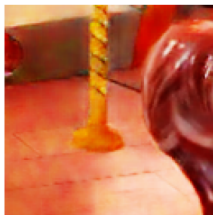
Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Reference



Fotogrametria

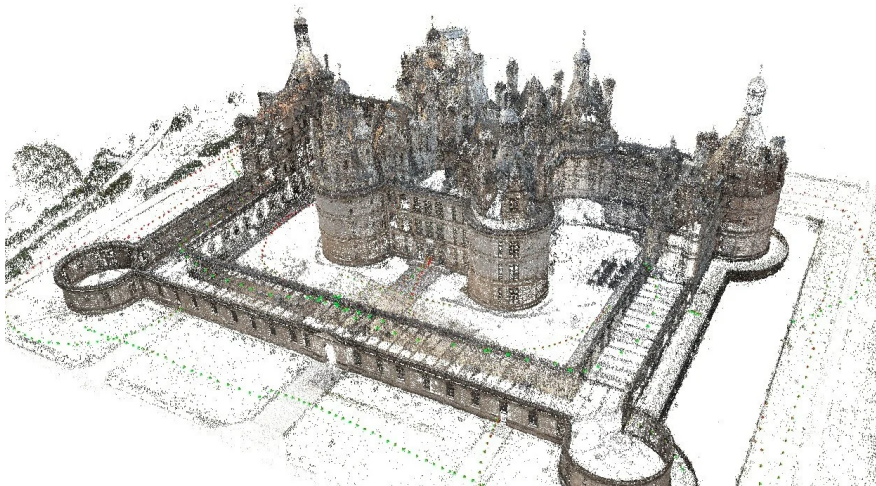
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Fotogrametria

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

- Proces rekonstrukcji obiektu 3D na podstawie jego zdjęć z wielu perspektyw
- Główne zastosowania:
 - Modelowanie obiektów 3D
 - The Vanishing of Ethan Carter
 - Resident Evil VII
 - i więcej...
 - Mapowanie
 - Google Maps
 - (mapy apple?)
 - Microsoft Flight Simulator
 - Archeologia

Fotogrametria

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



- Kroki w tradycyjnym procesie rekonstrukcji:
 - Rozpoznanie punktów charakterystycznych
 - Sparowanie punktów charakterystycznych pomiędzy zdjęciami
 - Dopasowanie pozycji kamer każdego ze zdjęć
 - Połączenie zdjęć w chmurę punktów 3D
 - Wygenerowanie siatki obiektu
 - Teksturowanie

Fotogrametria

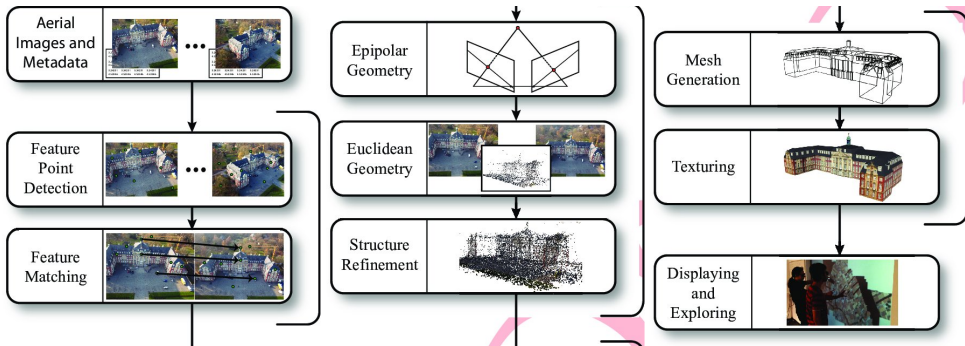
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Zaginięcie Ethana Cartera (2014)

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Zaginięcie Ethana Cartera (2014)

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Zaginięcie Ethana Cartera (2014)

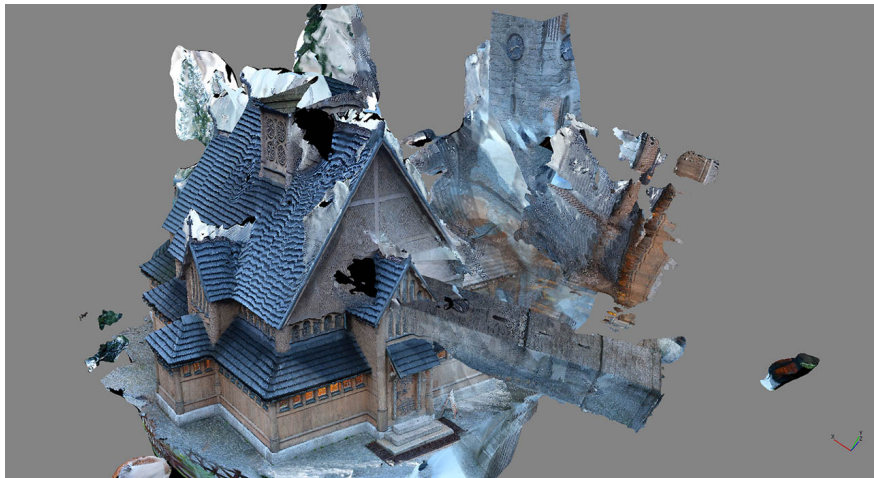
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Resident Evil VII (2017)

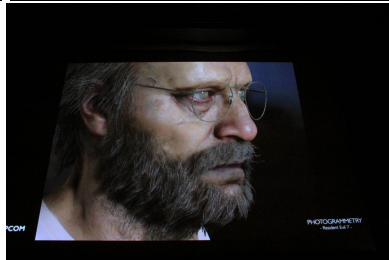
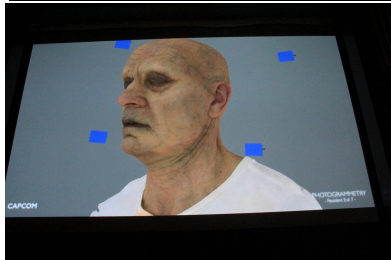
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Fotogrametria

Wykorzystanie sztucznej inteligencji do grafiki w grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Rysunek: Fotogrametria w Google Maps

- Problemy związane z tradycyjnymi podejściami
 - Kosztowne obliczeniowo (od kilkadziesiąt minut do godzin na szybkim komputerze)
 - Problemy w przypadku występowania powtarzających się wzorów
 - Problemy z błyszczącymi powierzchniami (generowanie wirtualnych wypukłości)

NeRF (2020)

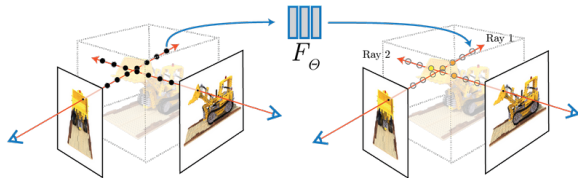
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



- NeRF – Neural Radiance Fields
- Wejście: seria zdjęć obiektu z różnych perspektyw, ze współrzędnymi każdego widoku
- Wyjście: sieć neuronowa zawierająca pełną wiedzę na temat wyglądu obiektu z różnych perspektyw

NeRF (2020)

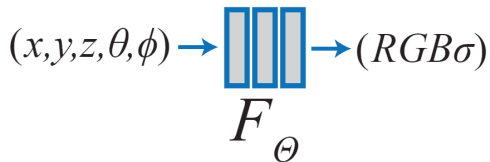
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



- Scena reprezentowana jako wagi w pełni połączonej głębokiej sieci neuronowej
- Sieć uczy się konwertować współrzędne na dane wolumetryczne
 - (x, y, x, θ, ϕ) – współrzędne przestrzenne punktu oraz kierunek obserwacji
 - $(RGB\sigma)$ – kolor oraz radiancja w zadanym punkcie
- Piksele renderowane przez złożenie wartości na odpowiednim promieniu
- Renderowanie jest w pełni różniczkowalne, co umożliwia naukę reprezentacji neuronowej obiektu na podstawie zdjęć z różnych perspektyw

NeRF (2020)

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

<https://www.matthewtancik.com/nerf>

NeRF (2020)

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

- Odtwarza unikalny obraz sceny (łącznie z oświetleniem) zależny od punktu obserwacji
- Model tworzony w oparciu o kilkadziesiąt zdjęć
- Ze względu na wolumetryczną reprezentację obiektu, w bazowej formie NeRF nie nadaje się do tworzenia modeli do gier
- Możliwa jest transformacja do siatki 3d w oparciu o algorytm marching cubes...
 - ...ale jakość takiego modelu jest często niska
- Stosunkowo wysoka złożoność obliczeniowa procesu uczenia

Plenoxels (2021)

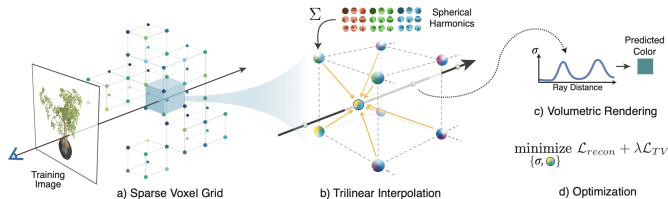
Wykorzystanie sztucznej inteligencji do grafiki w grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



- Osiąga wyniki podobnej jakości co NeRF (na mierze PSNR)
- Rzędu 100x szybszy proces optymalizacji
- Nie wykorzystuje sieci neuronowych

<https://alexju.net/plenoxels/>

Instant NeRF (2022)

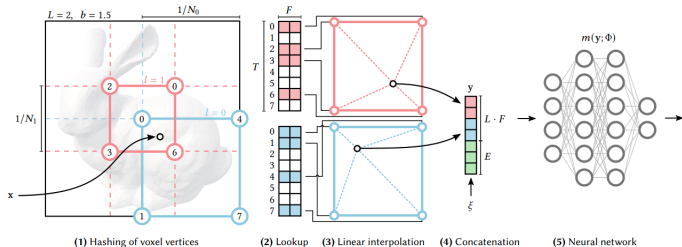
Wykorzystanie sztucznej inteligencji do grafiki w grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



- Opracowany przez Nvidia, zoptymalizowany do działania na kartach graficznych Nvidii
- Parametryczna reprezentacja wejść sieci (*multi-resolution hash grid encoding*)
- Mniejsza sieć, kosztem większej liczby parametrów
- Proces uczenia rzędu 1000x szybszy od poprzednich metod (redukcja z 30 godzin do 30 sekund)

Instant NeRF (2022)

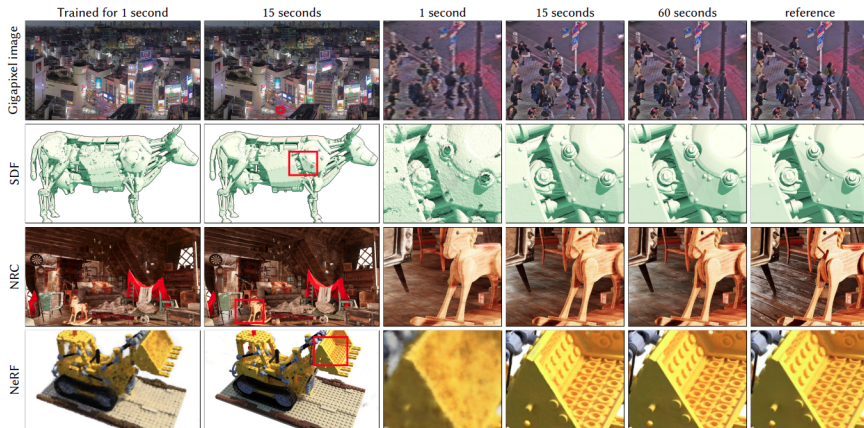
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Extracting Triangular 3D Models, Materials, and Lighting From Images (2021)

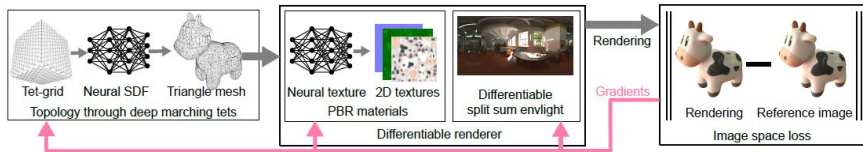
Wykorzystanie sztucznej inteligencji do grafiki w grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



- Generowanie tradycyjnych modeli 3D na podstawie zdjęć
- Kształt obiektu reprezentowany jako neuronowa reprezentacja SDF (signed distance field) opisanego na siatce czworościanów
- SDF konwertowane do siatki przy użyciu DMTet (Deep Marching Tetrahedra)
- Obraz renderowany w różniczkowany sposób
- Gradienty propagowane wstecz w celu uaktualnienia kształtu, tekstur i parametrów oświetlenia obiektu

Extracting Triangular 3D Models, Materials, and Lighting From Images (2021)

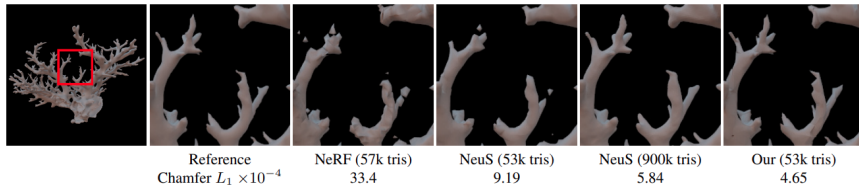
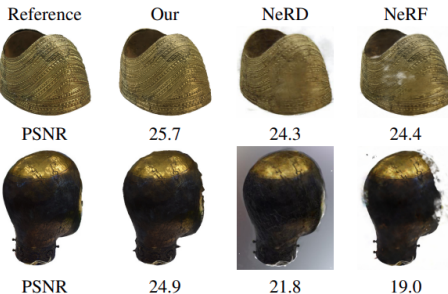
Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria



Extracting Triangular 3D Models, Materials, and Lighting From Images (2021)

Wykorzystanie sztucznej
inteligencji do grafiki w
grach

Upscaling

Super-rozdzielczość

Ray Tracing

Fotogrametria

<https://nvlabs.github.io/nvdiffrec/>