

Elementy grafiki komputerowej. Wprowadzenie

Aleksander Denisiuk
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Olsztyn, ul. Słoneczna 54
denisjuk@matman.uwm.edu.pl

Wprowadzenie

Wprowadzenie

Interpolacja

Najnowsza wersja tego dokumentu dostępna jest pod adresem

<http://wmii.uwm.edu.pl/~denisjuk/uwm>

Wprowadzenie

- ❖ Wizualizacja
- ❖ Blender
- ❖ Uznanie
- ❖ Trzy modele wyświetlaczy graficznych

Interpolacja

Wprowadzenie

Wizualizacja komputerowa

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- potrzeby wizualizacji
 - ◆ Antonie van Leeuwenhoek, mikroskop 1677
- Karta dziurkowana
- CRT (Cathode Ray Tube)
 - ◆ 1897, Ferdinand Braun
 - ◆ 1951, MIT, Whirlwind computer

Interakcja

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

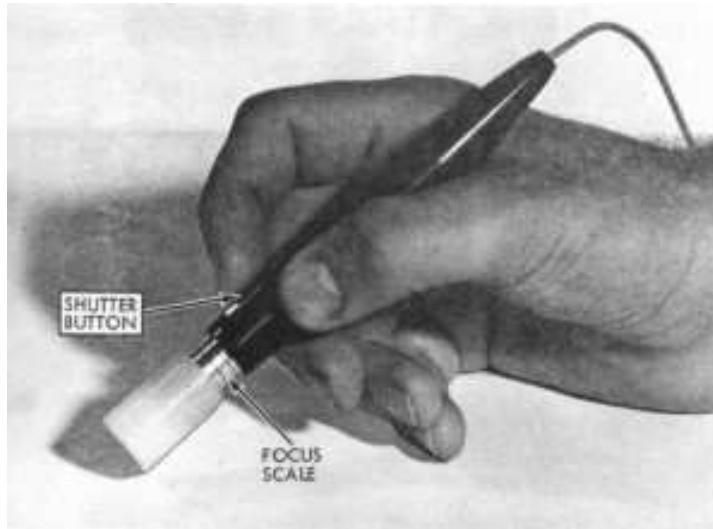
❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- tryb tekstowy
- 1961, MIT, Ivan Sutherland, Sketchpad



- grafika komputerowa w czasie rzeczywistym
- 1968, Ivan Sutherland oraz Bob Sproull, "The Sword of Damocles": proste trójwymiarowe modele szkieletowe

Ewolucja sprzętowa

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- Lata 1940 – lata 1950, pierwsza generacja
- Połowa lat 1950, druga generacja: tranzystory
- Połowa lat 1960, trzecia generacja: układy scalone, UNIX
- 1971, czwarta generacja: mikroprocesor (Intel)



Komputery osobiste

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- Początek lat 1970:
pierwszy komputer
osobisty
- 1977: Apple II, PET
(Commodore
International)
- Lata 1980: GIU (GUI),
CGA



Gry komputerowe

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- Lata 1970 – 1980: gry wideo na specjalizowanych systemach, animacja komputerowa w filmach: rzadko, 3W grafika w czasie rzeczywistym: tylko dla wizualizacji
- 1992: Wolfenstein 3D (id Software)
- 1993: Doom (id Software): 3W grafika renderowana w czasie rzeczywistym (programowo)

Ewolucja kart graficznych

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- Koniec lat 1990: OpenGL standardem 3W grafiki
 - ✦ CAD, Quake 2, Unreal, Half-Life
- Pierwsze dedykowane 3W karty graficzne
 - ✦ ATI 3D Rage, S3 ViRGE
 - ✦ Voodoo Graphics (3Dfx Interactive)
 - Glide API
 - ✦ NVIDIA
 - GeForce 256
 - GPU (Graphics Processing Unit)
 - T&L (Transform & Lighting)
- Początek 2000: NVIDIA GeForce 2, ATI Radeon 7000
 - ✦ OpenGL, Direct3D



Biblioteka Graficzna OpenGL

Wprowadzenie

❖ **Wizualizacja**

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- <http://www.opengl.org>

Blender

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- <http://www.blender.org>
- NeoGeo (Ton Roosendaal, Holandia)
- 1998: NeoGeo
- 2002: Blender Foundation, GNU
 - ✦ od 18 lipca do 13 października zebrano €100 000
- 2011: Blender 2.5
- 25 października 2013: Blender 2.69
- 26 czerwca 2014: Blender 2.71
- 9 października 2015: Blender 2.76b (ostatnia wersja dla Windows XP)
- 31 grudnia 2018: 2.80 (cycles, eewee)
- 3 grudnia 2021: 3.0
- 5 grudnia 2023: 4.0
- [repozytorium git](#)

Filmy

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- 2004: Spiderman 2
- 24 Marca 2006: Elephants Dream
- 30 Maja 2008: Big Buck Bunny
- 30 września 2010: Sintel
- 26 września 2012: Tears of Steel
- 2015 Cosmos Laundromat (24 września — Netherlands Film Festival)
- 2015: Glass Half
- 2017: Agent 327
- Blender Studio
- 2024: Straume (Oscar 2025)

Blend4Web

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- WebGL, Web Audio, etc — bez wtyczek
- Experience Curiosity

Prawa autorskie na obrazki

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ **Uznanie**

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- Niektóre obrazki (te, co mają podpisy w języku angielskim)) w tej i innych prezentacjach pochodzą z książki SAMUEL R. BUSS: *3-D Computer Graphics. A Mathematical Introduction with OpenGL*
- <http://www.math.ucsd.edu/~sbuss/MathCG/>
- Prawa autorskie na te obrazki należą do Cambridge University Press

Grafika rastrowa

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

● tablica pikseli

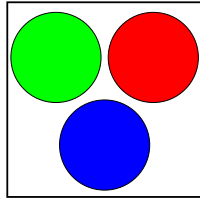


Figure I.1: A pixel is formed from subregions or subpixels, each of which displays one of three colors. See color plate C.1.

Grafika wektorowa

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

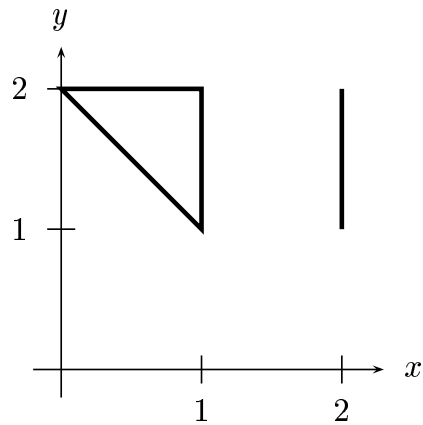
❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

● prymitywy graficzne



```
penup();  
moveto(2,2);  
pendown();  
moveto(2,1);  
penup();  
moveto(1,2);  
pendown();  
moveto(0,2);  
moveto(1,1);  
moveto(1,2);
```

Figure I.2: Examples of vector graphics commands.

Grafika rastrowa a wektorowa

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja



Grafika 3W

Wprowadzenie

❖ Wizualizacja

❖ Blender

❖ Uznanie

❖ Trzy modele
wyświetlaczy
graficznych

Interpolacja

- prymitywy graficzne
- wieloboki (slang: *polygony*)
- renderowanie
 - ◆ w czasie rzeczywistym
 - ◆ nie w czasie rzeczywistym

Wprowadzenie

Interpolacja

- ❖ Zagadnienie
- ❖ Jednowymiarowa
- ❖ Dwuwymiarowa

Interpolacja

Zagadnienie interpolacji

Wprowadzenie

Interpolacja

❖ Zagadnienie

❖ Jednowymiarowa

❖ Dwuwymiarowa

- Dane są *węzły*: $x_0, \dots, x_n$
- Dane są *wartości*: $y_0, \dots, y_n$
- Wyznaczyć funkcję $f(x)$ taką, że $f(x_0) = y_0, \dots, f(x_n) = y_n$
- Interpolacja wielomianowa: $f(x)$ jest *wielomianem*

Interpolacja jednowymiarowa

Wprowadzenie

Interpolacja

❖ Zagadnienie

❖ Jednowymiarowa

❖ Dwuwymiarowa

- $x_0, \dots, x_n \in \mathbb{R}$
- $y_0, \dots, y_n \in \mathbb{R}$

Twierdzenie 1. *Istnieje jedyny taki wielomian $f(x)$ stopnia n , że $f(x_0) = y_0, \dots, f(x_n) = y_n$.*

Wielomian Lagrange'a

Wprowadzenie

Interpolacja

❖ Zagadnienie

❖ Jednowymiarowa

❖ Dwuwymiarowa

$$\begin{aligned} f(x) = & y_0 \frac{(x - x_1) \dots (x - x_n)}{(x_0 - x_1) \dots (x_0 - x_n)} + \\ & + y_1 \frac{(x - x_0)(x - x_2) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2) \dots (x_1 - x_n)} + \dots + \\ & + y_k \frac{(x - x_0) \dots (x - x_{k-1})(x - x_{k+1}) \dots (x - x_n)}{(x_k - x_0) \dots (x_k - x_{k-1})(x_k - x_{k+1}) \dots (x_k - x_n)} + \\ & + \dots + y_n \frac{(x - x_0) \dots (x - x_{n-1})}{(x_n - x_0) \dots (x_n - x_{n-1})} \end{aligned}$$

Ilorazy różniczkowe

Wprowadzenie

Interpolacja

❖ Zagadnienie

❖ Jednowymiarowa

❖ Dwuwymiarowa

x_0	$f(x_0)$			
		$f(x_0; x_1)$		
x_1	$f(x_1)$		$f(x_0; x_1; x_2)$	
		$f(x_1; x_2)$		$f(x_0; x_1; x_2; x_3)$
x_2	$f(x_2)$		$f(x_1; x_2; x_3)$	...
		$f(x_2; x_3)$		$f(x_1; x_2; x_3; x_4)$
x_3	$f(x_3)$		$f(x_2; x_3; x_4)$	...
				...

- $f(x_0; x_1) = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}, f(x_1; x_2) = \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1}, \dots$
- $f(x_0; x_1; x_2) = \frac{f(x_1; x_2) - f(x_0; x_1)}{x_2 - x_0}, \dots$
- $f(x_0; x_1; x_2; x_3) = \frac{f(x_1; x_2; x_3) - f(x_0; x_1; x_2)}{x_3 - x_0}, \dots$
- $\dots$
- $f(x_0; \dots; x_n) = \frac{f(x_1; \dots; x_n) - f(x_0; \dots; x_{n-1})}{x_n - x_0}, \dots$

Wielomian Newtona

Wprowadzenie

Interpolacja

❖ Zagadnienie

❖ Jednowymiarowa

❖ Dwuwymiarowa

$$\begin{aligned} f(x) = & f(x_0) + f(x_0; x_1)(x - x_0) + \\ & + f(x_0; x_1; x_2)(x - x_0)(x - x_1) + \\ & + \dots + f(x_0; \dots; x_n)(x - x_0) \dots (x - x_{n-1}) \end{aligned}$$

- To jest ten sam wielomian zapisany inaczej

Interpolacja liniowa

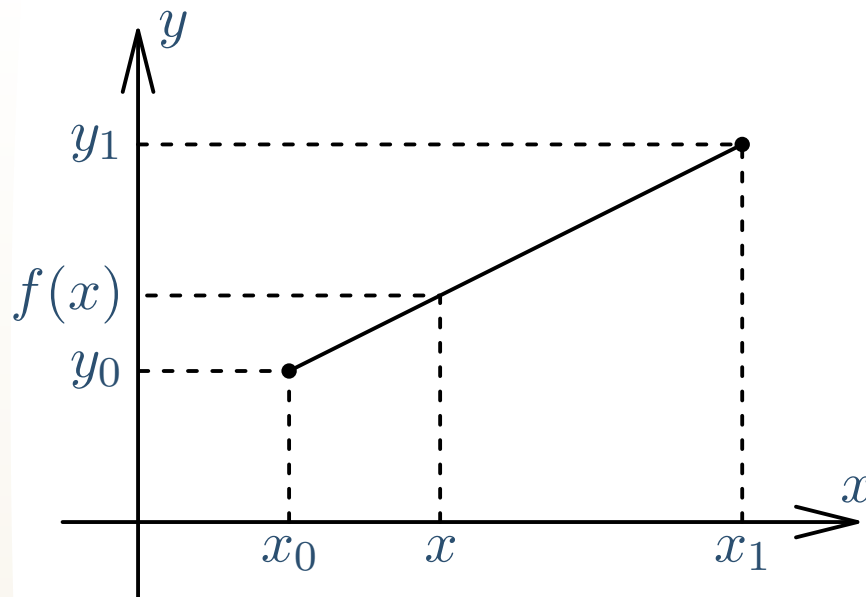
Wprowadzenie

Interpolacja

❖ Zagadnienie

❖ **Jednowymiarowa**

❖ Dwuwymiarowa



- $f(x) = y_0 \frac{x-x_1}{x_0-x_1} + y_1 \frac{x-x_0}{x_1-x_0}$
- $f(x) = y_0 + \frac{y_1-y_0}{x_1-x_0}(x-x_0)$

Interpolacja sześcienna

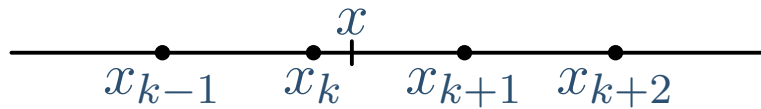
Wprowadzenie

Interpolacja

❖ Zagadnienie

❖ Jednowymiarowa

❖ Dwuwymiarowa



- $x_k = x_0 + kh, k = 0, 1, \dots, n$
- $k = \left\lfloor \frac{x-x_0}{h} \right\rfloor$ (część całkowita, podłoga, floor)

Interpolacja dwuliniowa

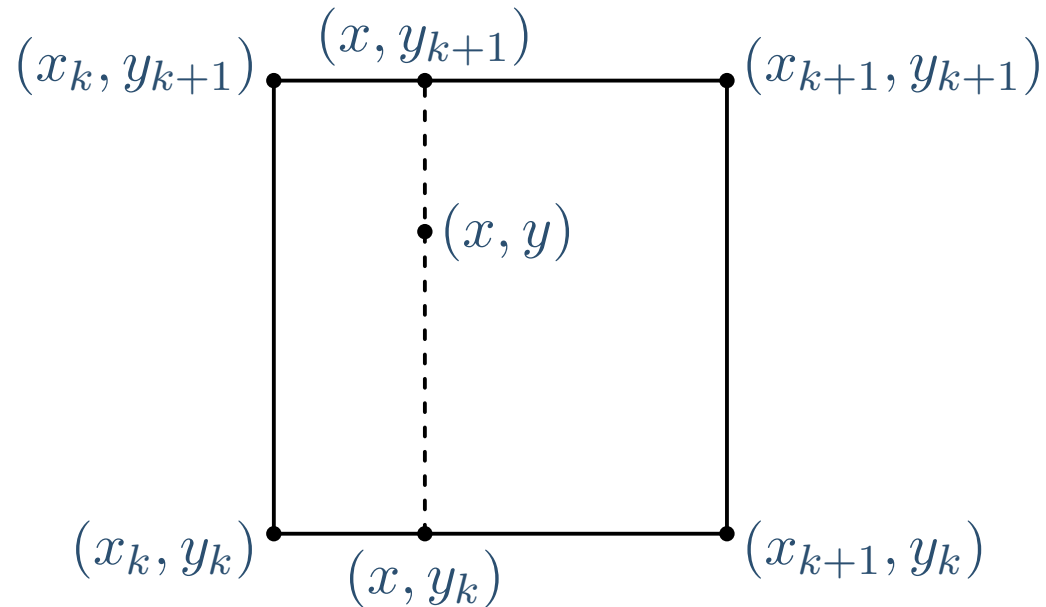
Wprowadzenie

Interpolacja

❖ Zagadnienie

❖ Jednowymiarowa

❖ Dwuwymiarowa



- $$f(x, y) = f(x, y_k) \frac{y - y_{k+1}}{y_k - y_{k+1}} + f(x, y_{k+1}) \frac{y - y_k}{y_{k+1} - y_k}$$
- ◆
$$f(x, y_k) = f(x_k, y_k) \frac{x - x_{k+1}}{x_k - x_{k+1}} + f(x_{k+1}, y_k) \frac{x - x_k}{x_{k+1} - x_k}$$
- ◆
$$f(x, y_{k+1}) = f(x_k, y_{k+1}) \frac{x - x_{k+1}}{x_k - x_{k+1}} + f(x_{k+1}, y_{k+1}) \frac{x - x_k}{x_{k+1} - x_k}$$

Interpolacja dwusześcienna

Wprowadzenie

Interpolacja

❖ Zagadnienie

❖ Jednowymiarowa

❖ Dwuwymiarowa

