# 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

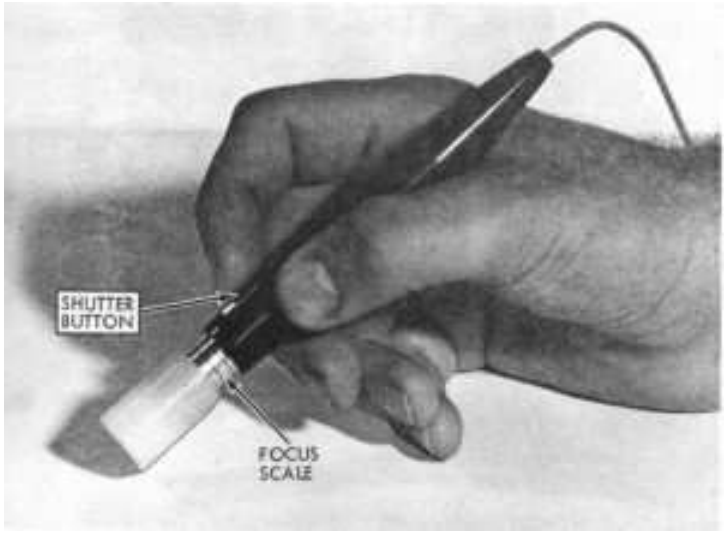
Wprowadzenie
❖ Wizualizacja
❖ Blender
❖ Uznanie
❖ Trzy modele wyświetlaczy graficznych
Interpolacja

- 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

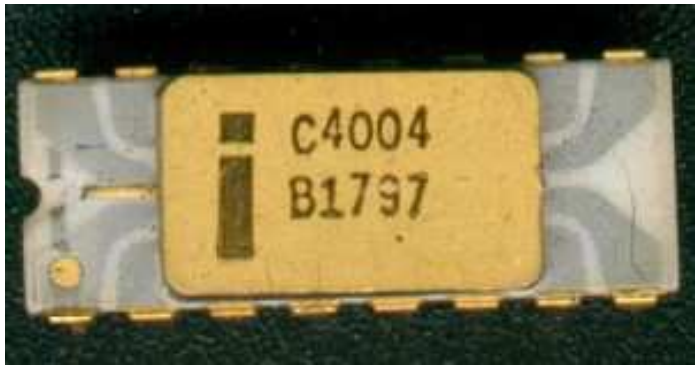



- grafika komputerowa w czasie rzeczywistym
- 1968, Ivan Sutherland oraz Bob Sproull, “The Sword of Damocles”: proste trójwymiarowe modele szkeletowe

# 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

# 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

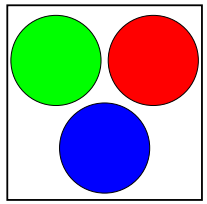
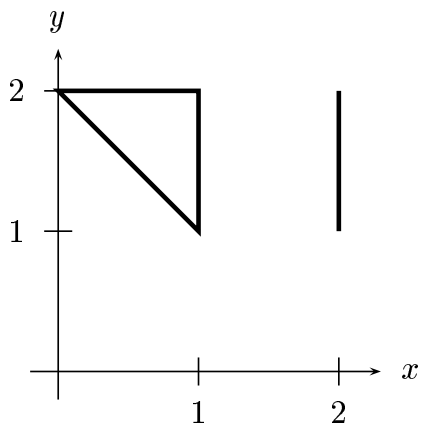


Figure I.1: A pixel is formed from subregions or subpixels, each of which displays one of three colors. See color plate C.1.

# Grafika wektorowa

Wprowadzenie
❖ Wizualizacja
❖ Blender
❖ Uznanie
❖ Trzy modele wyświetlaczy graficznych
Interpolacja

- prymitywy graficzne



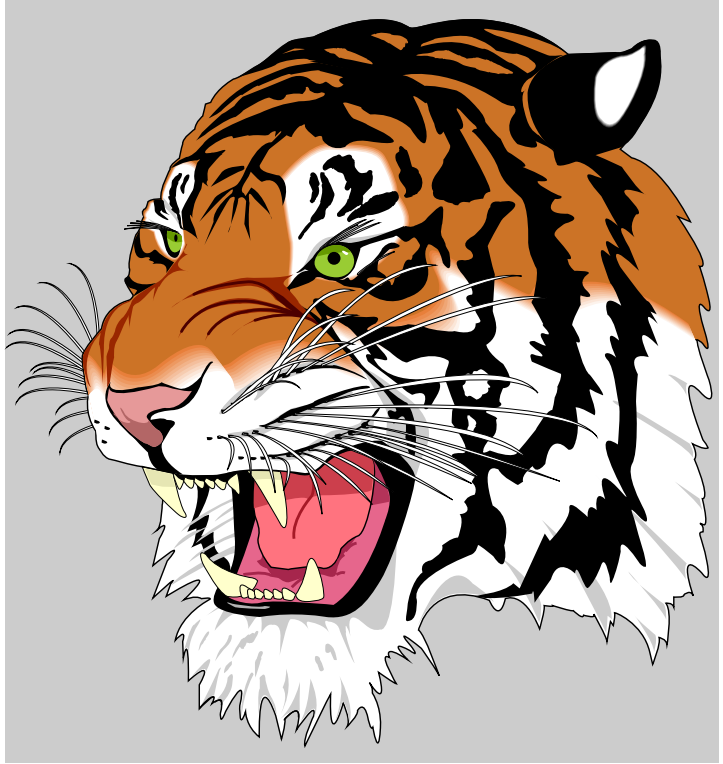

```
penup();
moveto(2,2);
pendown();
moveto(2,1);
penup();
moveto(1,2);
pendown();
moveto(0,2);
moveto(1,1);
moveto(1,2);
```

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

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

# Interpolacja

# Zagadnienie interpolacji

Wprowadzenie
Interpolacja
❖ Zagadnienie
❖ Jednowymiarowa
❖ Dwuwymiarowa

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

# Interpolacja jednowymiarowa

Wprowadzenie
Interpolacja
❖ Zagadnienie
❖ Jednowymiarowa
❖ Dwuwymiarowa

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

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

# 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

$$
\begin{array}{llllll}
x_0 & f(x_0) & & & & \\
 & & f(x_0;x_1) & & & \\
x_1 & f(x_1) & & f(x_0;x_1;x_2) & & \\
 & & f(x_1;x_2) & & f(x_0;x_1;x_2;x_3) & \\
x_2 & f(x_2) & & f(x_1;x_2;x_3) & & \dots \\
 & & f(x_2;x_3) & & f(x_1;x_2;x_3;x_4) & \dots \\
x_3 & f(x_3) & & f(x_2;x_3;x_4) & & \dots \\
\dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots
\end{array}
$$

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

# Wielomian Newtona

Wprowadzenie
Interpolacja
❖ Zagadnienie
❖ Jednowymiarowa
❖ Dwuwymiarowa

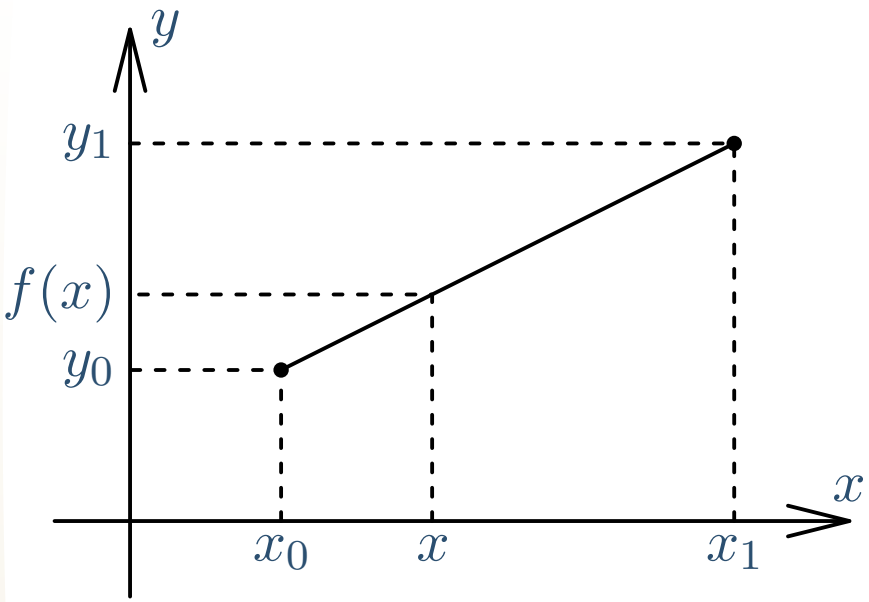
$$
\begin{aligned}
f(x) = f(x_0) + f(x_0; x_1)(x - x_0) + \\
+ f(x_0; x_1; x_2)(x - x_0)(x - x_1) + \\
+ \cdots + f(x_0; \ldots; x_n)(x - x_0) \ldots (x - x_{n-1})
\end{aligned}
$$

- To jest ten sam wielomian zapisany inaczej

# Interpolacja liniowa

Wprowadzenie

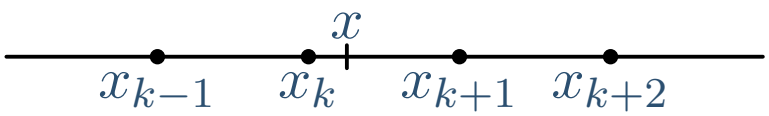
Interpolacja
- Zagadnienie
- Jednowymiarowa
- Dwuwymiarowa




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

# Interpolacja sześcienna

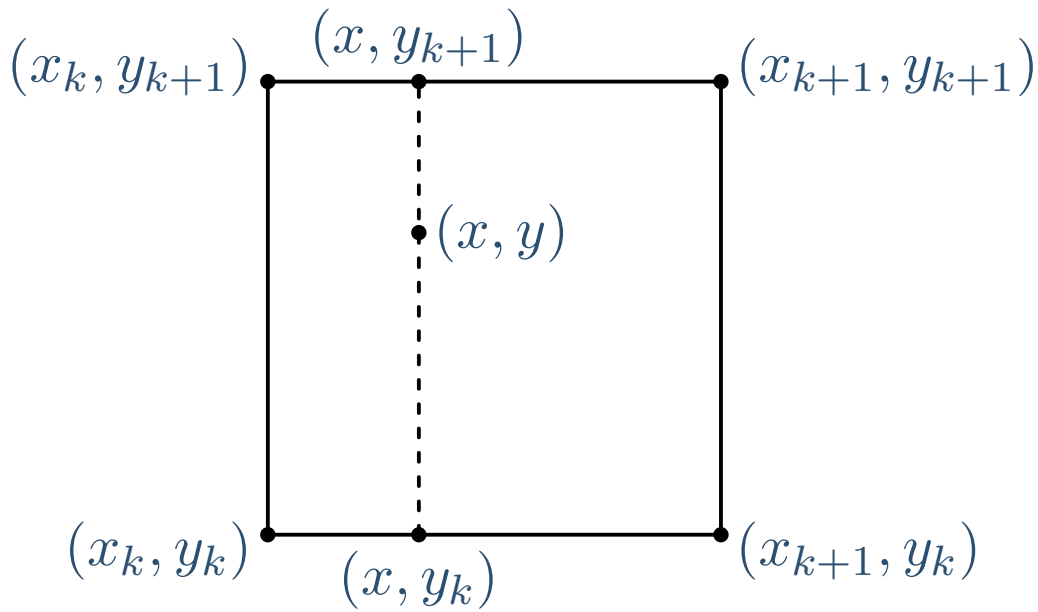
Wprowadzenie
Interpolacja
❖ Zagadnienie
❖ Jednowymiarowa
❖ Dwuwymiarowa




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

# Interpolacja dwuliniowa

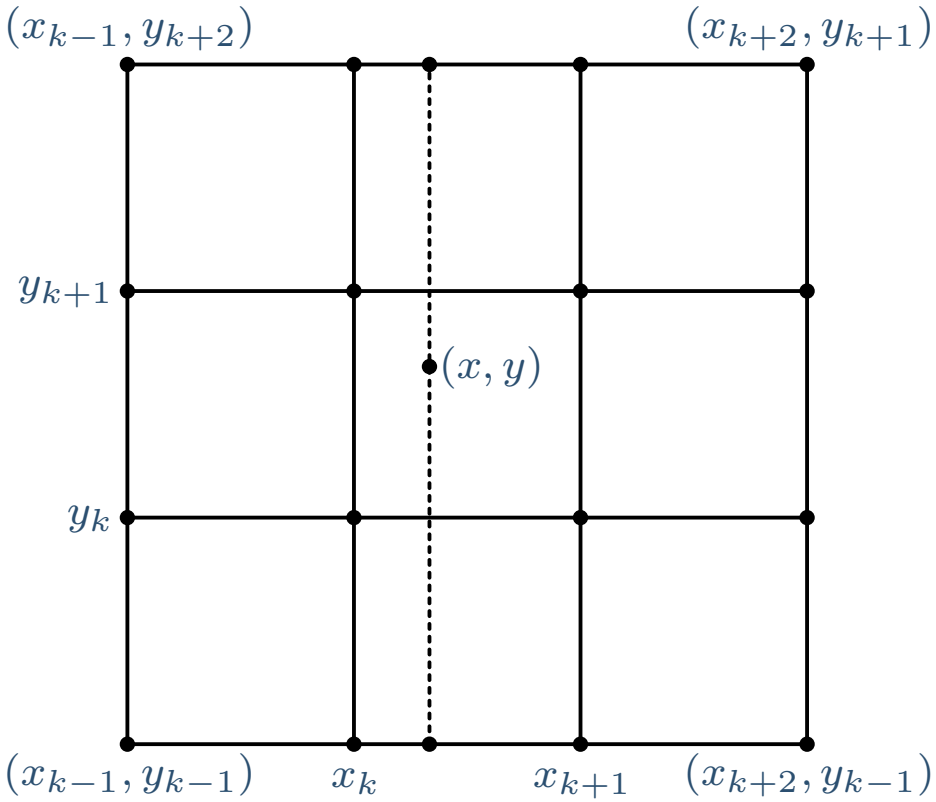
Wprowadzenie
Interpolacja
❖ Zagadnienie
❖ Jednowymiarowa
❖ Dwuwymiarowa




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

# Interpolacja dwusześcienna

Wprowadzenie

Interpolacja

- Zagadnienie
- Jednowymiarowa
- Dwuwymiarowa