

Grafika Komputerowa Wirtualna Kamera

Mikołaj Kubik

27 maja 2020

1 Wstęp

Celem projektu była implementacja wirtualnej kamery, pozwalającej na obserwację trójwymiarowych obiektów. Kamera posiada możliwość poruszania się i obracania w trzech osiach oraz zmiany przybliżenia. Kod źródłowy programu oraz plik jar znajdują się w repozytorium [GitHub](#).

2 Zmiany względem wstępnego planu

Względem pierwotnego planu zmieniła się technologia - wykorzystałem język java i bibliotekę swing zamiast c++ z sfml, ponieważ okazało się, że różnica wydajnościowa między tymi narzędziami nie wpływa w widoczny sposób na działanie programu.

3 Analiza zagadnienia

Program przechowuje scenę jako listę odcinków. Aby dokonać projekcji sceny na perspektywę kamery z każdego punktu tworzona jest macierz, na której wykonywane są następujące operacje.

3.1 Translacja

Transformacja sceny odpowiadająca za pozorną zmianę położenia kamery.

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X \\ 0 & 1 & 0 & Y \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + X \\ y + Y \\ z + Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

gdzie:

X, Y, Z - wektor translacji

x, y, z - współrzędne transformowanego punktu

3.2 Skalowanie

Transformacja sceny odpowiadająca za przybliżanie i oddalanie. Zastosowanie tego równania macierzowego pozwala na niezależne skalowanie projekcji w płaszczyznach każdej z trzech osi, jednak aby zapewnić zachowanie zbliżone do prawdziwej kamery ograniczyłem się do skalowania względem osi x i y jednocześnie.

$$S = \begin{bmatrix} SX & 0 & 0 & 0 \\ 0 & SY & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} SX \cdot x \\ SY \cdot y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

gdzie:

SX, SY - współczynniki powiększenia względem osi X i Y, SZ w tym przypadku wynosi 1
x, y, z - współrzędne transformowanego punktu

3.3 Rotacje

Transformacje sceny odpowiadające za pozorne obracanie kamery.

3.3.1 względem osi X

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ \cos\alpha \cdot y - \sin\alpha \cdot z \\ \sin\alpha \cdot y + \cos\alpha \cdot z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

gdzie:

α - rotacja kamery względem osi X
x, y, z - współrzędne transformowanego punktu

3.3.2 względem osi Y

$$\begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & \sin\beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\beta \cdot x + \sin\beta \cdot z \\ y \\ -\sin\beta \cdot x + \cos\beta \cdot z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

gdzie:

β - rotacja kamery względem osi Y
x, y, z - współrzędne transformowanego punktu

3.3.3 względem osi Z

$$\begin{bmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\gamma \cdot x - \sin\gamma \cdot y \\ \sin\gamma \cdot x + \cos\gamma \cdot y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

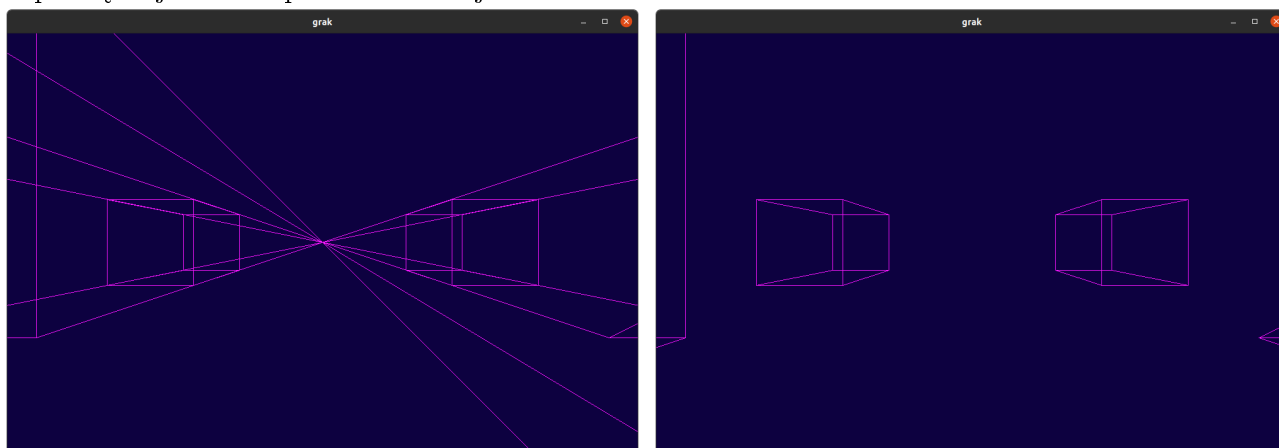
gdzie:

γ - rotacja kamery względem osi Z
x, y, z - współrzędne transformowanego punktu

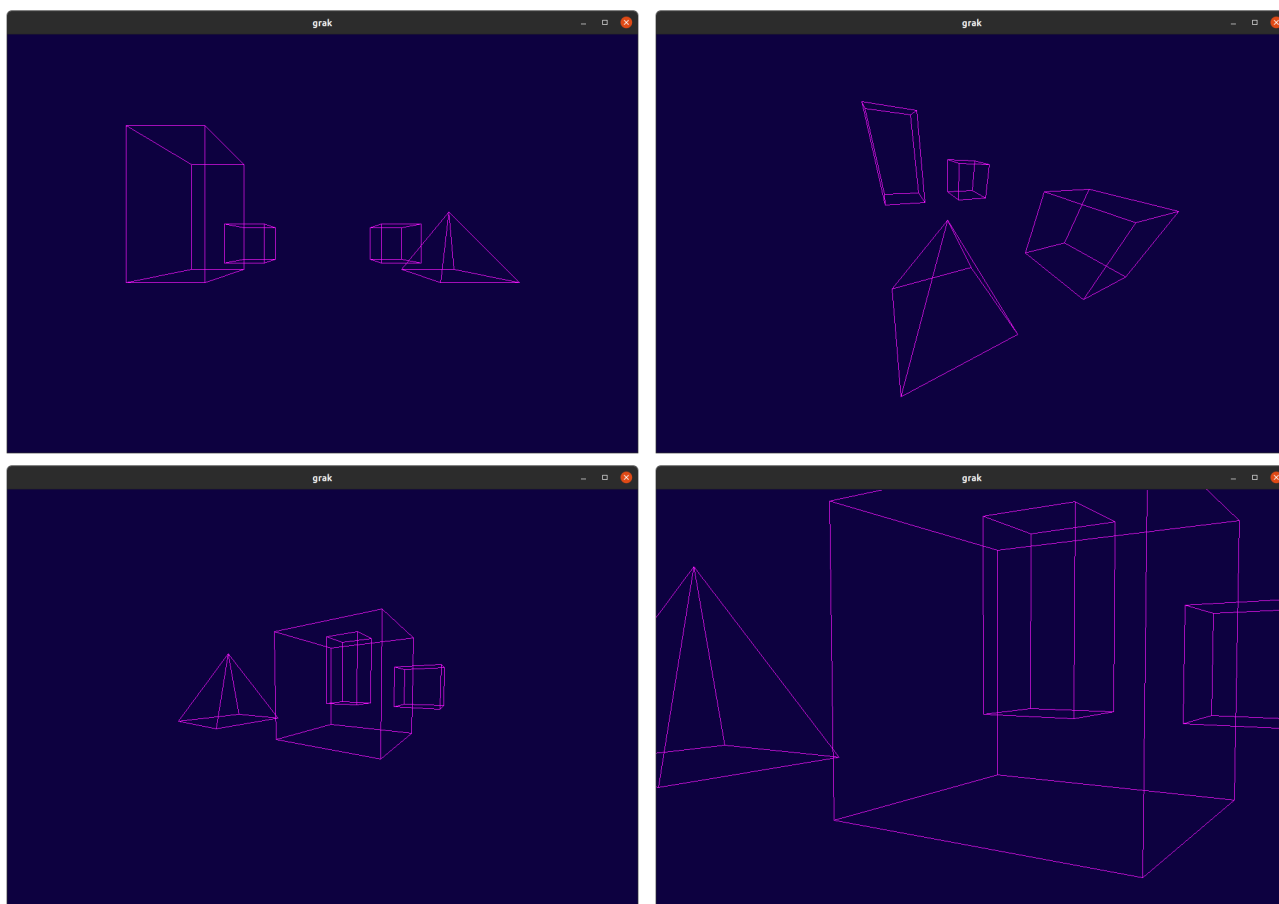
4 Dodatkowe obserwacje

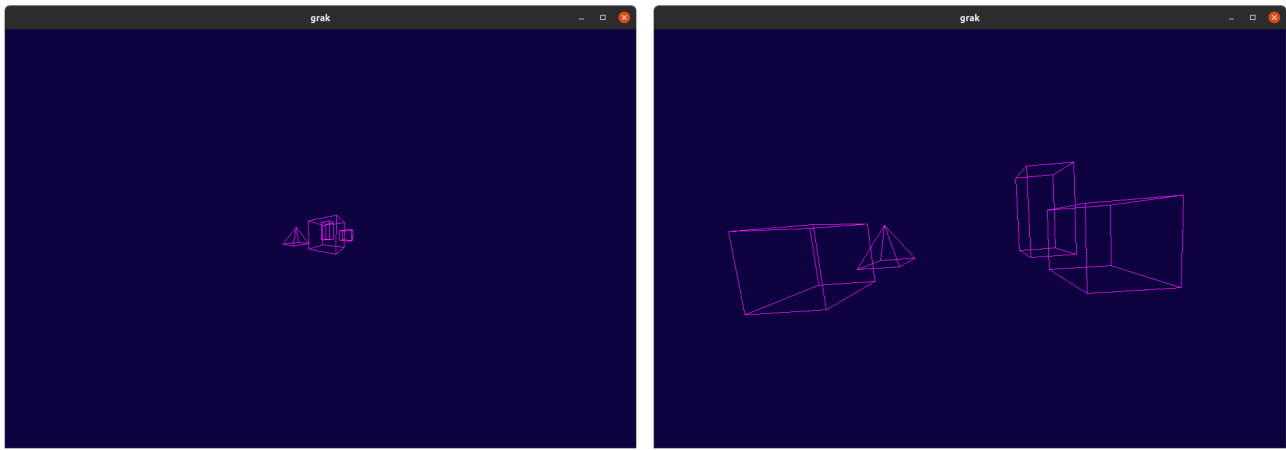
Po rzutowaniu trójwymiarowej sceny na dwuwymiarową perspektywę kamery trzecia współrzędna jest różna od 1. Przez jej wartość należy przeskalować współrzędne x i y wyświetlanej perspektywy. Jeżeli elementy sceny znajdują się poza polem widzenia kamery ta współrzędna skali przyjmuje wartości ujemne co powoduje pojawianie się niechcianych "artefaktów". Aby temu zapobiec ujemna trzecia współrzędna zamieniana jest na 1.

Rysunek 1: Centrum sceny przed i po uwzględnieniu występowania ujemnych wartości trzeciej współrzędnej wektora po transformacji



5 Przykładowe wywołania





Nagranie działania programu [link](#)

6 Obsługa programu

6.1 Wykorzystane narzędzia

Program korzysta z javy 8 oraz The Apache Commons Mathematics Library do obliczeń macierzowych.

6.2 Plik wejściowy

Opis sceny wczytywany jest z pliku zawierającego trójwymiarowe współrzędne wierzchołków, które program indeksuje zaczynając od zera oraz pary indeksów informujących które wierzchołki połączyć odcinkiem.

```
500 100 800
500 100 1000
500 -100 800
0 1
0 2
```

6.3 Uruchomienie

```
java -jar swing_virtual_camera.jar plik_konfiguracyjny
```

Plik `swing_virtual_camera.jar` znajduje się w `out/artifacts/swing_virtual_camera_jar` względem głównego katalogu programu.

6.4 Sterowanie

6.4.1 Poruszanie kamerą

- Lewo: a
- Prawo: d
- Przód: w
- Tył: s

- Góra: space
- Dół: ctrl

6.4.2 Obracanie kamery

- Lewo: a
- Prawo: d
- Przód: w
- Tył: s
- Pochylenie w lewo: q
- Pochylenie w prawo: e

6.4.3 Zoom

- Powiększenie: 1
- Pomniejszenie: 2

7 Wnioski

Praca nad projektem pokazała mi, że generowanie grafiki trójwymiarowej jest zagadnieniem złożonym zarówno pod kątem algorytmicznym jak i optymalizacyjnym oraz zaznajomiła mnie z podstawami samego procesu generowania grafiki. Wykorzystanie zapisów oraz obliczeń macierzowych znacznie ułatwia przedstawienie oraz zrozumienie i implementację problemu.