

Sprawozdanie z projektu: Wirtualna kamera 3D

1 Streszczenie projektu

Projekt polegał na implementacji wirtualnej kamery 3D umożliwiającej swobodną nawigację w przestrzeni trójwymiarowej oraz wizualizację obiektów 3D za pomocą rzutowania perspektywicznego. Główne zadania obejmowały realizację transformacji geometrycznych w przestrzeni 3D (translacja, rotacja), implementację rzutowania perspektywicznego oraz rendering obiektów 3D z uwzględnieniem ich krawędzi. Projekt zrealizowano w Javie z wykorzystaniem biblioteki graficznej Swing.

2 Realizacja zadania

2.1 Układ współrzędnych i reprezentacja obiektów

W projekcie zastosowano prawoskrętny układ współrzędnych 3D, gdzie:

- Oś X wskazuje w prawo
- Oś Y wskazuje w górę
- Oś Z wskazuje w głąb (od obserwatora)

Obiekty 3D reprezentowane są jako zbiory wierzchołków (punktów) oraz krawędzi łączących te wierzchołki. Każdy punkt opisany jest za pomocą trzech współrzędnych (x, y, z) , a krawędź definiowana jest przez dwa punkty (początkowy i końcowy).

2.2 Transformacje geometryczne

2.2.1 Wektory bazowe kamery

Orientacja kamery jest reprezentowana przez trzy wzajemnie prostopadłe wektory jednostkowe:

- \vec{r} = cameraRight - wektor wskazujący kierunek "w prawo" dla kamery
- \vec{u} = cameraUp - wektor wskazujący kierunek "w górę" dla kamery
- \vec{f} = cameraForward - wektor wskazujący kierunek "do przodu" dla kamery

Te trzy wektory tworzą lokalny układ współrzędnych kamery.

2.2.2 Translacja kamery

Translacja kamery uwzględnia pozycję kamery (p_x, p_y, p_z) :

$$\vec{t} = - \begin{bmatrix} r_x \cdot p_x + r_y \cdot p_y + r_z \cdot p_z \\ u_x \cdot p_x + u_y \cdot p_y + u_z \cdot p_z \\ f_x \cdot p_x + f_y \cdot p_y + f_z \cdot p_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2.3 Macierz widoku

Macierz widoku V służy do transformacji punktów układu świata do układu kamery:

$$V = \begin{bmatrix} r_x & r_y & r_z & t_x \\ u_x & u_y & u_z & t_y \\ f_x & f_y & f_z & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.2.4 Aktualizacja orientacji kamery

Orientacja kamery (wektory bazowe) jest aktualizowana przy pomocy kwaternionów.

$$q_x = \text{Quaternion}(\text{axis_x}, \theta_x) \quad (3)$$

$$q_y = \text{Quaternion}(\text{axis_y}, \theta_y) \quad (4)$$

$$q_z = \text{Quaternion}(\text{axis_z}, \theta_z) \quad (5)$$

$$q = q_y \cdot q_x \cdot q_z \quad (6)$$

Obrót wektorów bazowych:

$$\vec{f}_{new} = q \cdot \vec{f} \cdot q^{-1} \quad (7)$$

$$\vec{r}_{new} = q \cdot \vec{r} \cdot q^{-1} \quad (8)$$

$$\vec{u}_{new} = q \cdot \vec{u} \cdot q^{-1} \quad (9)$$

Ustawienie wektorów bazowych pod kątem prostym:

$$\vec{r} = \vec{u} \times \vec{f} \quad (10)$$

$$\vec{u} = \vec{f} \times \vec{r} \quad (11)$$

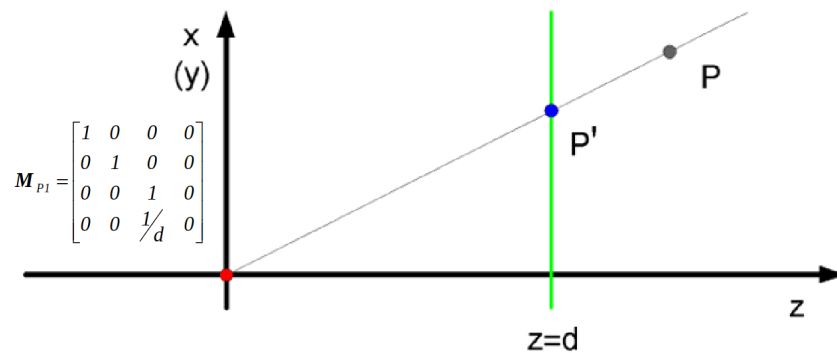
2.3 Rzutowanie perspektywiczne

Do rzutowania perspektywicznego wykorzystano macierz M o postaci:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{d} & 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

gdzie d to odległość rzutni od środka rzutowania. W tej implementacji przyjęto $d = 5$.

Macierz ta realizuje rzutowanie środkowe, w którym wszystkie linie rzutujące przechodzą przez środek rzutowania (punkt $(0, 0, 0)$ w układzie kamery). Płaszczyzna rzutni znajduje się na pozycji $z = d$.



- Rzutnia: $z = d \quad d > 0$
- Środek rzutowania: $[0, 0, 0]$

Rysunek 1: Rzutowanie perspektywiczne

2.4 Pole widzenia (FOV)

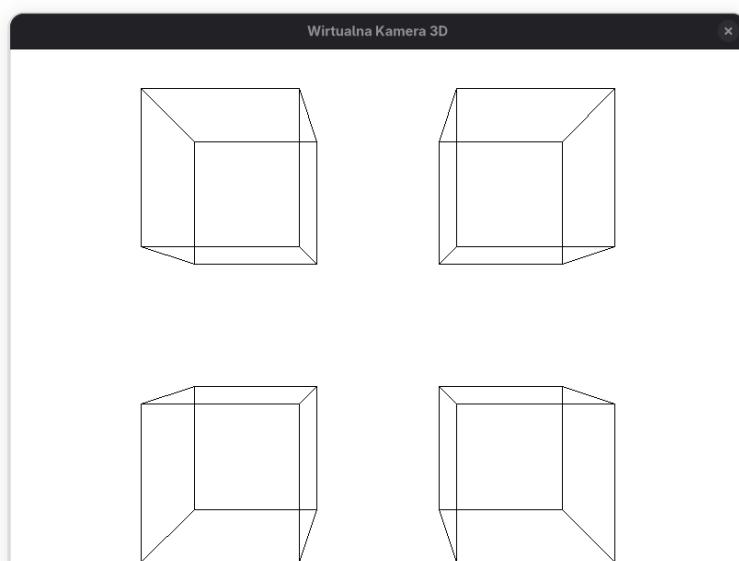
Pole widzenia (FOV - Field of View) zaimplementowano jako modyfikację standardowej macierzy rzutowania, wprowadzając współczynnik skalowania $fovScale$:

$$fovScale = \frac{\tan(FOV/2)}{\tan(60^\circ/2)} \quad (13)$$

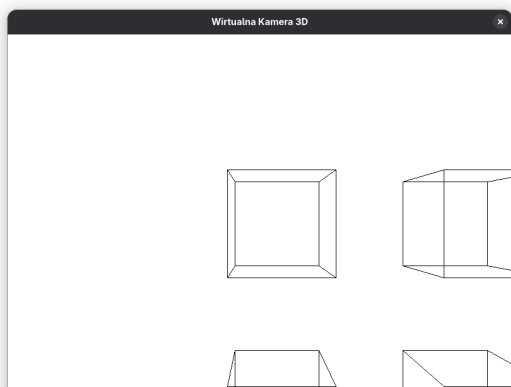
Współczynnik ten jest następnie uwzględniany w macierzy rzutowania przez zastąpienie $\frac{1}{d}$ przez $\frac{fovScale}{d}$.

3 Zdjęcia

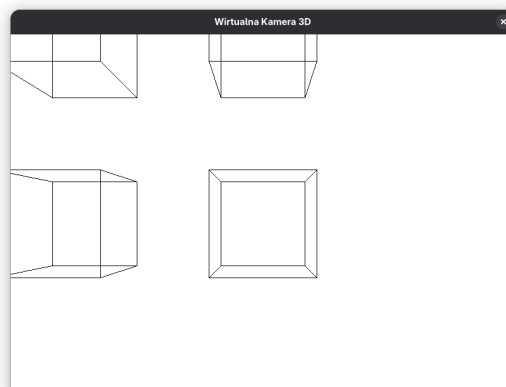
3.1 Translacja



Rysunek 2: Widok początkowy

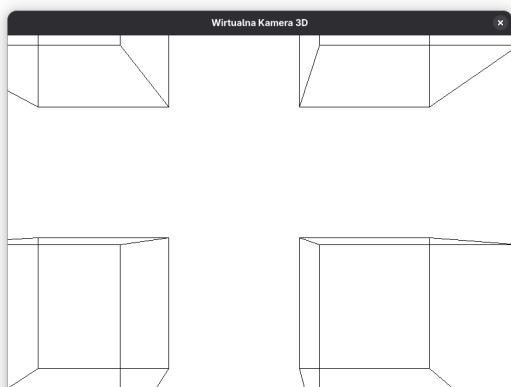


(a) Translacja w lewo i górę

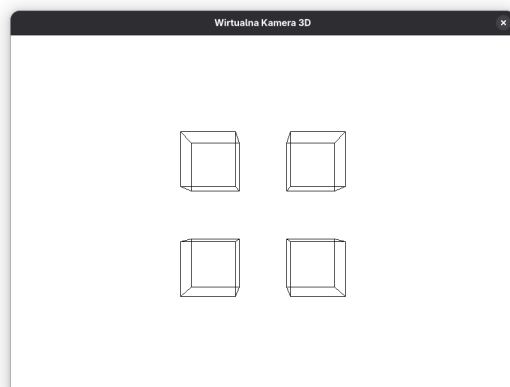


(b) Translacja w prawo i w dół

Rysunek 3: Translacja w płaszczyźnie XY



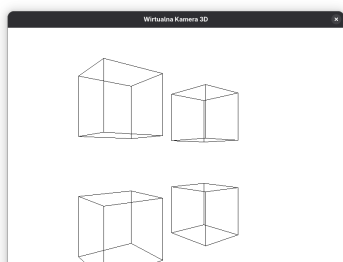
(a) Translacja w przód



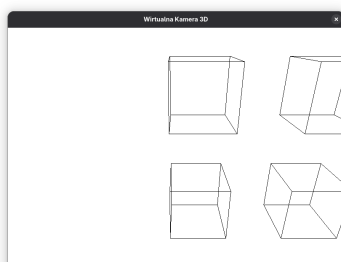
(b) Translacja w tył

Rysunek 4: Translacja wzdłuż osi Z

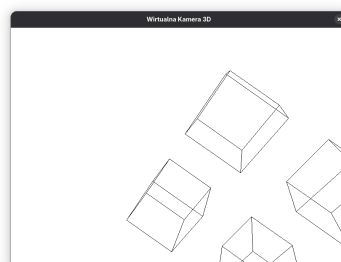
3.2 Obrót



(a) Obrót w prawo



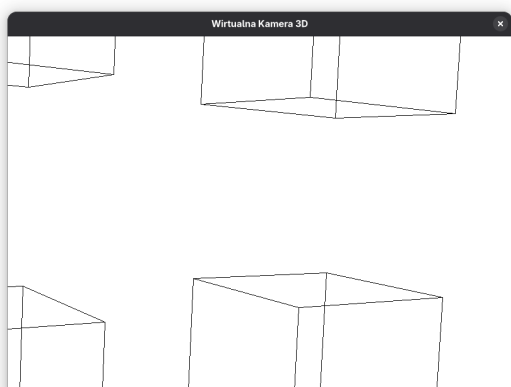
(b) Obrót w dół



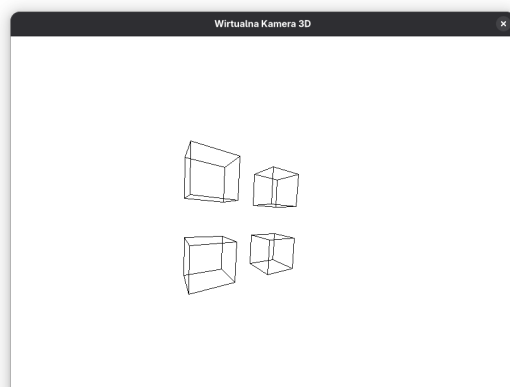
(c) Obrót wzdłuż osi Z

Rysunek 5: Różne rodzaje obrotów kamery

3.3 Zoom



(a) Zoom in



(b) Zoom out

Rysunek 6: Efekty zmiany pola widzenia (FOV)