

# Grafika komputerowa

## Część 1.

### podstawowe operacje i rzutowanie

## 1 Opis działania programu

Naciśnięcie klawisza funkcyjnego powoduje zlecenie wykonania akcji w najbliższej generowanej klatce. Klatki są generowane co 20ms. Dopóki użytkownik nie puści klawisza funkcyjnego, dana akcja będzie zlecana w każdej kolejnej klatce.

Podczas każdej klatki dzieje się następujący ciąg czynności:

1. Program sprawdza, jakie akcje zostały zlecone (zoom, obrót, ruch);
2. Program wymnaża macierze przekształceń przez macierz kombinacji wszystkich zmian dla kolejnych wybranych akcji;
3. Pozycja punktów w przestrzeni trójwymiarowej zostaje uaktualniona poprzez przemnożenie macierzy kombinacji wszystkich zmian przez każdy punkt;
4. Na podstawie nowych punktów trójwymiarowych w procesie rzutowania perspektywicznego zostają wygenerowane nowe punkty w przestrzeni dwuwymiarowej;
5. Punkty w przestrzeni dwuwymiarowej oraz połączenia między nimi są rysowane na ekranie.

## 2 Operacje i algorytmy

W celu przeprowadzenia operacji (przesunięcia i obrotu) należy wymnożyć macierz przekształcenia przez każdy punkt w przestrzeni trójwymiarowej zgodnie ze wzorem:

$$\begin{bmatrix} x'_p \\ y'_p \\ z'_p \\ 1 \end{bmatrix} = M_p * \begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Gdzie:

- $M_p$  – macierz przekształcenia;
- $(x_p, y_p, z_p)$  – współrzędne punktu przed przekształceniem;
- $(x'_p, y'_p, z'_p)$  – współrzędne punktu po przekształceniu.

Należy pamiętać o normalizacji macierzy. W przypadku, gdy po wymnożeniu, w ostatnim wierszu wyjściowej macierzy znajduje się wartość inna niż „1”, należy podzielić wszystkie elementy wektora przez tę wartość.

### 2.1 Składanie przekształceń

W programie zostało zastosowane składanie macierzy przekształceń, dzięki czemu można wykonywać wiele operacji na raz. Skraca to czas w stosunku do wykonywania tych operacji sekwencyjnie. Została zastosowana następująca kolejność składania przekształceń:

1. obrót wokół osi X o kąt  $\phi$ ;
2. obrót wokół osi Y o kąt  $\phi$ ;
3. obrót wokół osi Z o kąt  $\phi$ ;

4. translacja o wektor  $[T_x \ T_y \ T_z]$ .

Składanie realizowane jest według następującego wzoru:

$$P'' = M_2 * M_1 * P = M_2 * P' = M_{21} * P \quad (2)$$

Gdzie:

- $P, P', P''$  – współrzędne punktu przed, po pierwszym i po drugim przekształceniu;
- $M_1, M_2$  – macierz przekształcenia pierwszego i drugiego;
- $M_{21}$  – macierz połączonych przekształceń.

## 2.2 Translacja o wektor

Translacja jako przekształcenie zostaje dodana do głównego przekształcenia jednocześnie dla wszystkich osi. Macierz translacji zostaje przemnożona przez macierz kombinacji wszystkich zmian. Dla translacji o wektor  $[T_x \ T_y \ T_z]$  macierz przekształcenia wygląda następująco:

$$M_{pt} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

## 2.3 Obrót

Macierz obrotu dla każdej osi jest mnożona przez główną macierz przekształcenia osobno. Poniżej znajdują się macierze przekształceń obrotu dla kątu  $\phi$ .

$$M_{pox} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$M_{poy} = \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$M_{poz} = \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

## 2.4 Zoom

Opcja „zoom” nie wymaga wykorzystania żadnej macierzy przekształceń. Zmienia ona jedynie parametr rzutowania perspektywicznego FOV (field of view).

## 2.5 Rzutowanie perspektywiczne

Rzutowanie perspektywiczne wymaga przemnożenia macierzy rzutowania przez każdy punkt w ściętym stożku widzenia, a następnie znormalizowania. Poniższa macierz została zaczerpnięta ze sposobu w jaki radzi sobie z tym zagadnieniem biblioteka [OpenGL](#).

$$M_{rz} = \begin{bmatrix} \frac{2n}{r-l} & 0 & \frac{r+l}{r-l} & 0 \\ 0 & \frac{2n}{t-b} & \frac{t+b}{t-b} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{f+n}{f-n} & -\frac{2fn}{f-n} \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

- $n$  – bliższa płaszczyzna odcinania;
- $f$  – dalsza płaszczyzna odcinania;
- ratio – proporcje wyświetlanego ekranu;
- FOV – pole widzenia;
- $t = \tan(\frac{FOV}{2}) * n$ ;
- $r = t * \text{ratio}$ ;
- $b = -t$ ;
- $l = -r$ .

### 3 Obsługa programu

Program po uruchomieniu automatycznie ustawia kamerę na wygenerowanej scenie i pozwala na swobodną eksplorację. Obserwatorem sterować można za pomocą następujących klawiszy funkcyjnych:

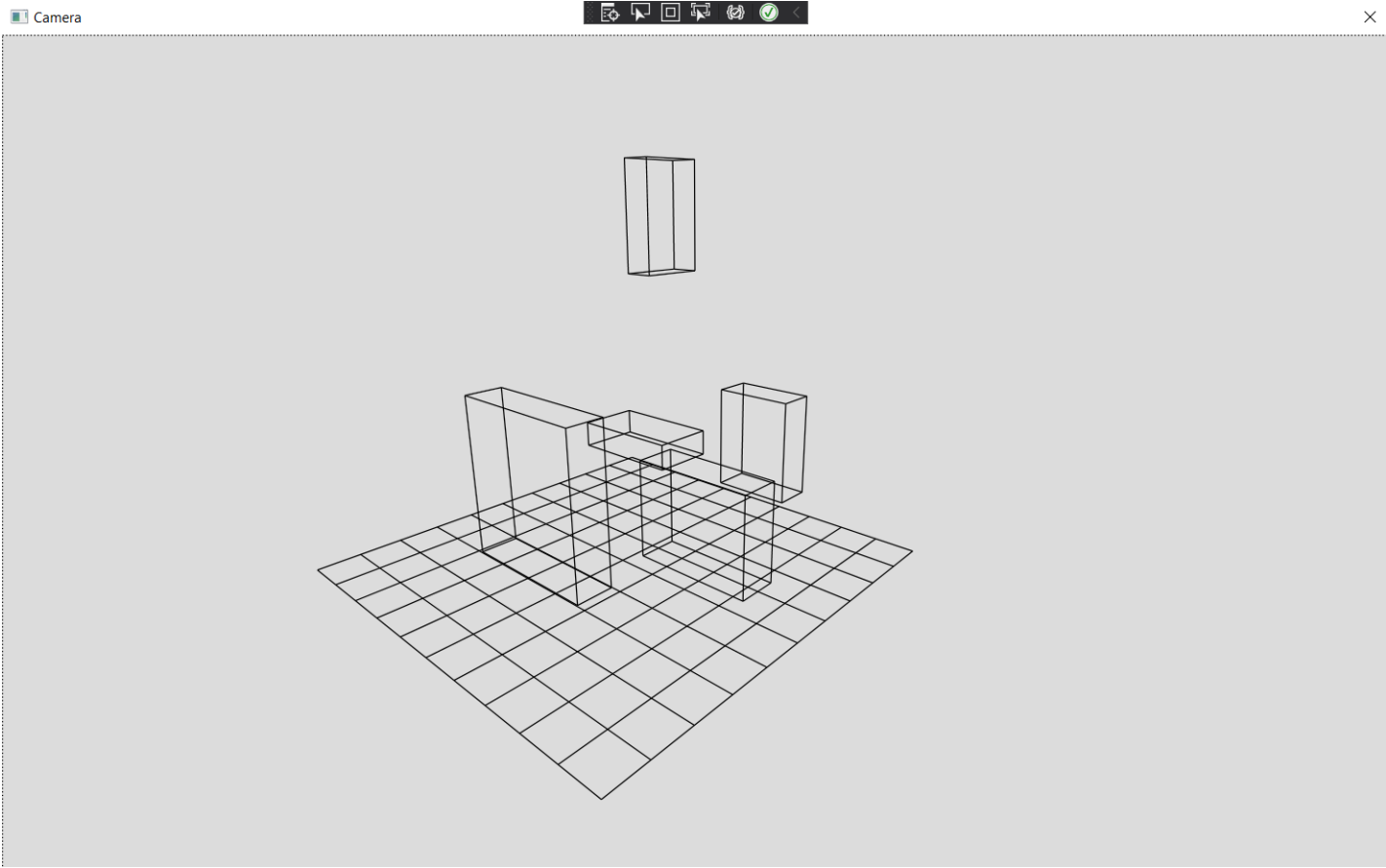
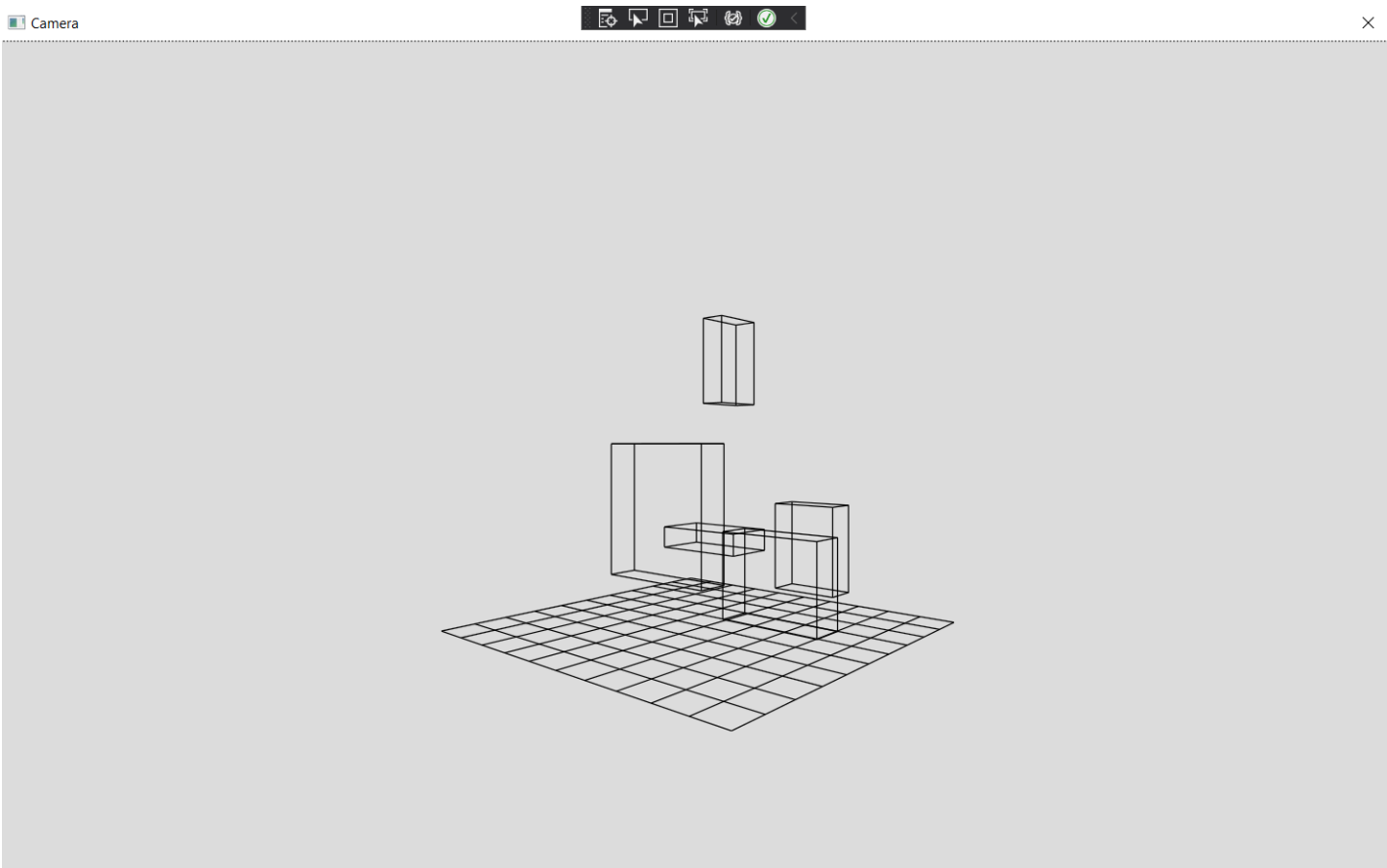
- W/S – ruch w osi X (przód/tył);
- Q/E – ruch w osi Y (góra/dół);
- A/D – ruch w osi Z (lewo/prawo);
- I/K – obrót wokół osi X (śruba prawo/lewo skrotna);
- J/L – obrót wokół osi Y (śruba prawo/lewo skrotna);
- U/O – obrót wokół osi Z (śruba prawo/lewo skrotna);
- Z/X – zoom (zbliżenie/oddalenie).

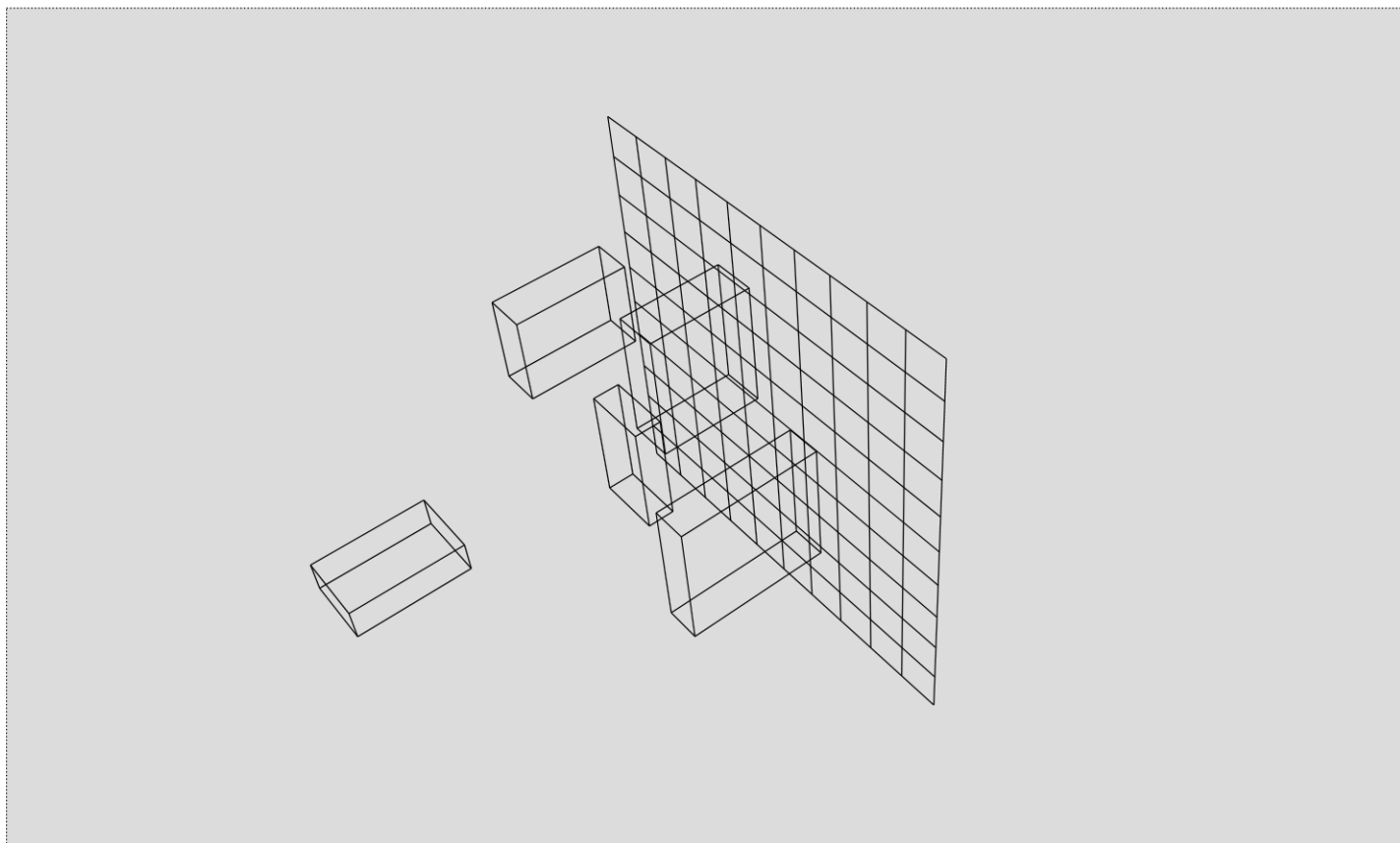
### 4 Przykład działania programu

Poniżej zamieszone zostały zrzuty ekranu różnych ujęć z dwóch scen.

4.1 Scena pokazowa 1.

4.2 Scena 1.





4.3 Scena 2.

