Laboratorium grafiki komputerowej i animacji

Ćwiczenie V - Biblioteka OpenGL - oświetlenie sceny

Przygotowanie do ćwiczenia:

1. Zapoznać się ze zdefiniowanymi w OpenGL modelami światła i właściwości materiałów.
2. Zapoznać się z zestawem komend OpenGL umożliwiającym zdefiniowanie źródeł światła i właściwości materiałów.

Przebieg ćwiczenia:

1. **Założenia:**
   a. Celem prac na zajęciach laboratoryjnych jest zdefiniowanie parametrów oświetlenia i oświetlenie modelu manipulatora Puma (rysunek 1.1).
   b. Wynikiem prac na dzisiejszych zajęciach ma być program zbliżony w działaniu do programu „**puma_swiatlo.exe”** dostarczonego do materiałów laboratoryjnych.
   c. Realizacja ćwiczenia polega na uzupełnieniu kodu programu „**gl_template**” modyfikowanego na ostatnich zajęciach.
   d. W realizacji prac wzorować się należy na rozwiązaniach przyjętych w programie „**shinyjet**” również dołączonym do materiałów laboratoryjnych.

Rys 1.1 Oświetlony model manipulatora Puma

2. **Uwagi do sposobu realizacji celu dzisiejszych zajęć laboratoryjnych:**
   a. W pierwszej kolejności należy zdefiniować parametry źródła światła. Charakterystyki źródła światła dokonuje się zwykle jednokrotnie przed wyświetlaniem sceny (w przykładowych programach definicja oświetlenia znajduje się w funkcji „SetupRC()”). Szczegóły można znaleźć w materiałach wprowadzających do ćwiczenia. Poniżej zawarto przykładowy ciąg poleceń OpenGL ustalający oświetlenie na scenie:

```
// wartości składowych oświetlenia i koordynaty źródła światła:
    GLfloat  ambientLight[] = { 0.3f, 0.3f, 0.3f, 1.0f };
    GLfloat  diffuseLight[] = { 0.7f, 0.7f, 0.7f, 1.0f };
    GLfloat  specular[] = { 1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f};
    GLfloat   lightPos[] = { 0.0f, 150.0f, 150.0f, 1.0f };
```

```
GLfloat  specref[] =  { 1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f };


glEnable(GL_DEPTH_TEST);        // usuwanie niewidocznych powierzchni
glFrontFace(GL_CCW);            // ustalenie ”zewnętrznych” ścian
glEnable(GL_CULL_FACE); // wyłączenie obliczania wewnętrznych ścian

// Uaktywnienie oświetlenia
glEnable(GL_LIGHTING);

// Ustawienie parametrów źródła światła 0
glLightfv(GL_LIGHT0,GL_AMBIENT,ambientLight);
glLightfv(GL_LIGHT0,GL_DIFFUSE,diffuseLight);
glLightfv(GL_LIGHT0,GL_SPECULAR,specular);
glLightfv(GL_LIGHT0,GL_POSITION,lightPos);
glEnable(GL_LIGHT0);

// Uaktywnienie śledzenia kolorów
glEnable(GL_COLOR_MATERIAL);

// Materiały mają śledzić kolory ustalone poleceniem glColor
glColorMaterial(GL_FRONT, GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE);

// Od tej chwili wszystkie materiały będą miały pełną odblaskowość
// z dużą jasnością
glMaterialfv(GL_FRONT, GL_SPECULAR,specref);
glMateriali(GL_FRONT,GL_SHININESS,128);

// Normalne zostaną automatycznie normalizowane
glEnable(GL_NORMALIZE);
```

b. Kolejnym etapem tworzenia efektu oświetlenia jest zdefiniowanie wektorów normalnych do ścian, które chcemy widzieć jako oświetlone. Normalną można zdefiniować dla każdego wierzchołka wielokąta. Ponieważ zakładamy, że pojedynczy wielokąt wyznacza płaszczyznę, wystarczy dla wszystkich wierzchołków wielokąta wyznaczyć jedną normalną. Wyjątek w naszym programie stanowić będą tworzące walców. Dla osiągnięcia efektu „wygładzenia” powierzchni bocznych walca wygodniej jest definiować normalne prostopadłe do krawędzi ciągu czworokątów przybliżających tworzącą walca.
c. Przykładowy fragment programu definiujący normalne dla walca zawarto poniżej:

```
void walec(double h, double r)
{
double angle,x,y;

glBegin(GL_TRIANGLE_FAN);
glNormal3d(0.0,0.0,-1.0);
glVertex3d(0.0f, 0.0f, 0.0f);
for(angle = 0.0f; angle <= (2.0f*GL_PI); angle += (GL_PI/8.0f))
        {
        x = r*sin(angle);
```

```
            y = r*cos(angle);

            glVertex2d(x, y);
            }
    glEnd();

    glBegin(GL_TRIANGLE_FAN);
    glNormal3d(0.0,0.0,1.0);
    glVertex3d(0.0, 0.0, h);
    for(angle = 0.0f; angle >= -(2.0f*GL_PI); angle -= (GL_PI/8.0f))
            {
            x = r*sin(angle);
            y = r*cos(angle);
            glVertex3d(x, y, h);
            }
    glEnd();

    glBegin(GL_QUAD_STRIP);

    for(angle = 0.0f; angle >= -(2.0f*GL_PI); angle -= (GL_PI/8.0f))
            {
            x = r*sin(angle);
            y = r*cos(angle);
            glNormal3d(sin(angle),cos(angle),0.0);
            glVertex3d(x, y, h);
            glVertex3d(x, y, 0);
            }
    glEnd();
}
```

d. Dla dowolnego wielokąta, usytuowanego dowolnie w przestrzeni trudno jest poprawnie zdefiniować wektor prostopadły o długości 1. W tym celu uzupełniono zestaw funkcji programu glTemplate o funkcję calcNormal(float v[3][3], float out[3]). Dokładny opis działania funkcji zawarto w materiałach wprowadzających do ćwiczenia. Funkcja umożliwia zdefiniowanie normalnej do wielokąta na podstawie współrzędnych trzech wierzchołków danego wielokąta. Przykład wykorzystania funkcji umieszczono poniżej:

```
glBegin(GL_QUADS);
{
            float v[3][3]=  {       {0.0f, -15.0f, 10.0f},
                                    {-60.0f,-10.0f,10.0f},
                                    {-60.0f,-10.0f,0.0f}
                            };
            float norm[3];
            calcNormal(v,norm);
            glNormal3d(norm[0],norm[1],norm[2]);
            glVertex3d(0.0, -15.0, 10.0);
            glVertex3d(-60.0,-10.0,10.0);
            glVertex3d(-60.0,-10.0,0.0);
            glVertex3d(0.0, -15.0, 0.0);
```

```
    }
glEnd();
```

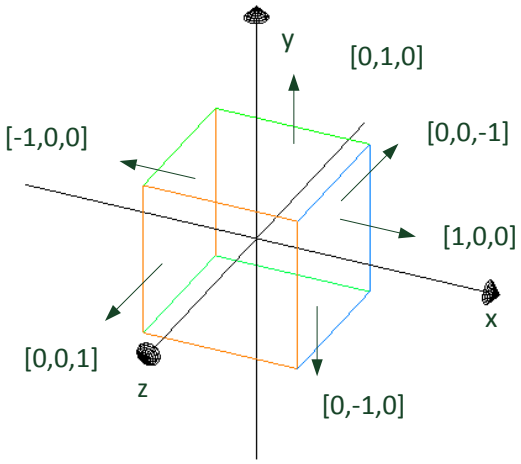
3. Przebieg ćwiczenia:

a. W funkcji **SetupRC()** „od-komentować" wszystkie wywołania instrukcji i funkcji w języku C. Spowoduje to zdefiniowanie i uaktywnianie pojedynczego źródła światła. Dodatkowo nastąpi wyłączenie rysowania wszystkich „tylnych" ścian wielokątów (**glEnable(GL_CULL_FACE);**). W programie zastosowano model oświetlenia ze śledzeniem kolorów. Zdefiniowano również światło kierunkowe, które będzie modelowało białe odbłyski od wszystkich wielokątów.

b. Ustalić następujący tryb rysowania wielokątów: przednie ściany wypełnione, tylne ściany rysowane jako siatka (należy w funkcji RenderScene() uaktywnić wywołanie funkcji **glPolygonMode(GL_BACK,GL_LINE);**)

c. Dla opracowanych modeli brył: sześcian, walec, ramię robota ustalić jednolite kolory wszystkich ścian.

d. Zdefiniować normalne dla modelu sześcianu. Rysunek 1 pokazuje wartości normalnych dla poszczególnych ścian.



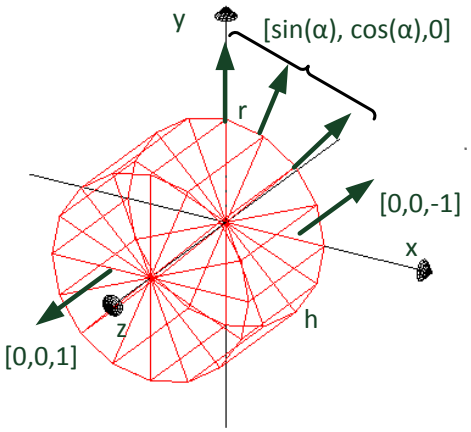
Rys. 1. Współrzędne normalnych do ścian sześcianu.

Poniższy fragment kodu pokazuje zasadę wprowadzania normalnych w skrypcie OpenGL rysującym sześcian:

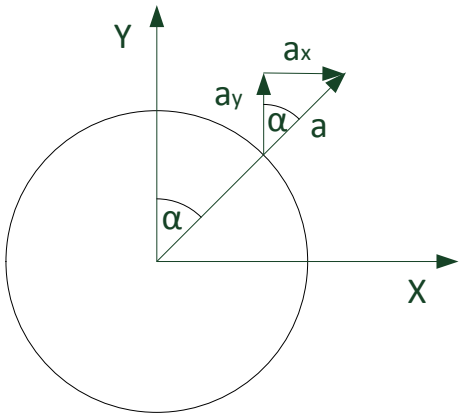
```
void szescian(void)
{
    glColor3d(0.8,0.7,0.3);
    glBegin(GL_QUADS);
            glNormal3d(0,0,1);
            glVertex3d(25,25,25);
            glVertex3d(-25,25,25);
            glVertex3d(-25,-25,25);
            glVertex3d(25,-25,25);

            glNormal3d(1,0,0);
            glVertex3d(25,25,25);
            glVertex3d(25,-25,25);
```

```
            glVertex3d(25,-25,-25);
            glVertex3d(25,25,-25);
            //…
    glEnd()
}
```

e. Zdefiniować normalne dla walca. Rysunek 2 pokazuje wartości odpowiednich normalnych. Łatwo zauważyć, że normalne do podstaw walca mają odpowiednio wartości [0,0,1] oraz [0,0,-1]. Zasadę wyliczenia normalnych dla tworzącej walca pokazano na rysunku 3.



Rys. 2. Wartości normalnych dla modelu walca.



Rys. 3. Wyznaczanie normalnej do powierzchni bocznej walca

Zależności matematyczne:

$$|\vec{a}| = 1$$
$$\vec{a} = \overrightarrow{a_x} + \overrightarrow{a_y}$$
$$\frac{|\overrightarrow{a_x}|}{|\vec{a}|} = \sin\alpha$$
$$\frac{|\overrightarrow{a_y}|}{|\vec{a}|} = \cos\alpha$$
$$stąd: \vec{a} = [\sin\alpha\,, \quad \cos\alpha\,, \quad 0]$$

W punkcie **2c** pokazano, jak pokazane wyżej zależności zaimplementować w skrypcie rysującym model walca.

f. Zdefiniować normalne dla modelu ramienia. W fragmentach modelu będących połowami siatek walca zastosować rozwiązanie zaproponowane w punktach 2c i 3e. Dwa czworokąty leżące w tych samych płaszczyznach, co podstawy „połówek walca" mają takie same normalne jak te „połówki". Dla pozostałych dwu czworokątów należy zastosować funkcję **calcNormal()**, por. punkt 2d. Do funkcji przekazuje się współrzędne 3 wierzchołków wielokąta, do którego chcemy wyznaczyć normalną. Funkcja na podstawie tych 3 wierzchołków wyznacza współrzędne dwu wektorów zaczepionych w jednym z wierzchołów i mające końce w dwu pozostałych wierzchołkach. Mając współrzędne wektorów funkcja oblicza iloczyn wektorowy tych wektorów, a następnie dokonuje normalizacji tego iloczynu z zastosowaniem funkcji **ReduceToUnit()**. Wynikiem działania funkcji jest wektor normalny do płaszczyzny wyznaczonej przez 3 wierzchołki wielokąta. Należy zwrócić uwagę, żeby do funkcji **calcNormal()** przekazać tablice wierzchołków opisane wartościami typu **float.**
g. Zadanie dodatkowe: Stosując rozwiązania zawarte w przykładowym programie „spot" należy zdefiniować reflektor w scenie z robotem.