POLITECHNIKA WROCŁAWSKA

Instytut Informatyki, Automatyki i Robotyki

Zakład Systemów Komputerowych

Grafika komputerowa i komunikacja człowiek – komputer

Kurs: INEK00012L

Sprawozdanie z ćwiczenia nr 3

„OpenGL – modelowanie obiektów 3D”

Wykonał:	**Adrian Frydmański**
Termin:	**PN/P 12:00-15:00**
Data wykonania ćwiczenia:	**27 X 2015**
Data oddania sprawozdania:	**9 XI 2015**
Ocena:	

Uwagi prowadzącego:

WSTĘP TEORETYCZNY

Celem ćwiczenia było narysowanie jajka w postaci wierzchołków, wierzchołków połączonych odcinkami i całych trójkątów. Odbywa się to przez zamianę punktów w przestrzeni trójwymiarowej na punkty na dwuwymiarowym kwadracie jednostkowym.

KOD ŹRÓDŁOWY

```
#include <windows.h>
#include <gl/gl.h>
#include <gl/glut.h>
#include <math.h>
#include <time.h>
#include <iostream>
using namespace std;

typedef float point3[3];

/*************************************************************************************/
// Stałe i zmienne globalne:
const float pi = 3.14159265;                    // pi
point3 **pTab;                                  // tablica na punkty
point3 **pRGB;                                  // tablica na kolory
int n = 15;
       // do posziału kwadratu jednostkowego
int model = 1;                                  // 1-punkty, 2-siatka, 3-kolorowe
trojkaty
float squareLen = 1.0;                          // długość boku kwadratu jednostkowego
float len = 2;                                  // długość osi
point3 v = {0.05, 0.05, 0.05};                  // szybkość obracania się
static GLfloat theta[] = { 0.0, 0.0, 0.0 };

/*************************************************************************************/
// Funkcje wyliczające współrzędne punktu (u,v) w przestrzeni 3D
float transformTo3D_x(float u, float v)
{
       float x, a = v * pi;
       x = (-90 * pow(u, 5) + 225 * pow(u, 4) - 270 * pow(u, 3) + 180 * pow(u, 2) - 45 * u)
* cos(a);
       return x;
}

float transformTo3D_y(float u, float v)
{
       float y;
       y = 160 * pow(u, 4) - 320 * pow(u, 3) + 160 * pow(u, 2);
       return y - 5;                                                              //
obniżenie jajka, żeby się ładnie mieściło
}

float transformTo3D_z(float u, float v)
{
       float z, a = v * pi;
       z = (-90 * pow(u, 5) + 225 * pow(u, 4) - 270 * pow(u, 3) + 180 * pow(u, 2) - 45 * u)
* sin(a);
       return z;
}

/*************************************************************************************/
// Generowanie siatki punktów:
void eggGenerate()
{
       float step = squareLen / n;
       // współrzędne 2D -> 3D
       float u, v;
```

```
	for (int i = 0; i<n + 1; i++)
		for (int j = 0; j<n + 1; j++)
		{
			u = j * step;
			v = i * step;
			pTab[i][j][0] = transformTo3D_x(u, v);
			pTab[i][j][1] = transformTo3D_y(u, v);
			pTab[i][j][2] = transformTo3D_z(u, v);
		}
}

/*************************************************************************************/
// Renderowanie jajka
void Egg()
{
	// Generowanie siatki
	eggGenerate();

	// Ustawienie koloru białego
	glColor3f(1.0, 1.0, 1.0);

	// switch w zależności od modelu
	switch (model)
	{
	case 1:
	// punkty
	{
		glBegin(GL_POINTS);
			for (int i = 0; i<n; i++)
				for (int j = 0; j<n; j++)
					glVertex3fv(pTab[i][j]);
		glEnd();
	}
	break;
	case 2:
	// siatka
	{
		for (int i = 0; i < n; i++)
			for (int j = 0; j < n; j++)
			{
				glBegin(GL_LINES);
					// pionowo
					glVertex3fv(pTab[i][j]);
					glVertex3fv(pTab[i][j + 1]);
					// poziomo
					glVertex3fv(pTab[i][j]);
					glVertex3fv(pTab[i + 1][j]);
					// w prawo w dół
					glVertex3fv(pTab[i][j]);
					glVertex3fv(pTab[i + 1][j + 1]);
				glEnd();
			}
	}
	break;
	case 3:
	// trójkąty
	{
		for (int i = 0; i < n; i++)
			for (int j = 0; j < n; j++)
			{
				// w jedną stronę
				glBegin(GL_TRIANGLES);
				glColor3fv(pRGB[i][j + 1]);
				glVertex3fv(pTab[i][j + 1]);
				glColor3fv(pRGB[i + 1][j]);
				glVertex3fv(pTab[i + 1][j]);
```

```
                        glColor3fv(pRGB[i + 1][j + 1]);
                        glVertex3fv(pTab[i + 1][j + 1]);
                        // w drugą stronę
                        glColor3fv(pRGB[i][j]);
                        glVertex3fv(pTab[i][j]);
                        glColor3fv(pRGB[i + 1][j]);
                        glVertex3fv(pTab[i + 1][j]);
                        glColor3fv(pRGB[i][j + 1]);
                        glVertex3fv(pTab[i][j + 1]);
                        glEnd();
                }
        }
        break;
        }
}

/*************************************************************************************/
// Funkcja rysująca osie układu współrzędnych
void Axes(float len)
{
        // początek i koniec obrazu osi x
        point3  x_min = { -len, 0.0, 0.0 };
        point3  x_max = { len, 0.0, 0.0 };

        // początek i koniec obrazu osi y
        point3  y_min = { 0.0, -len, 0.0 };
        point3  y_max = { 0.0,  len, 0.0 };

        // początek i koniec obrazu osi z
        point3  z_min = { 0.0, 0.0, -len };
        point3  z_max = { 0.0, 0.0,  len };

        glColor3f(1.0f, 0.0f, 0.0f);              // kolor rysowania osi - czerwony
        glBegin(GL_LINES);                        // rysowanie osi x
        glVertex3fv(x_min);
        glVertex3fv(x_max);
        glEnd();

        glColor3f(0.0f, 1.0f, 0.0f);              // kolor rysowania - zielony
        glBegin(GL_LINES);                        // rysowanie osi y
        glVertex3fv(y_min);
        glVertex3fv(y_max);
        glEnd();

        glColor3f(0.0f, 0.0f, 1.0f);              // kolor rysowania - niebieski
        glBegin(GL_LINES);                        // rysowanie osi z
        glVertex3fv(z_min);
        glVertex3fv(z_max);
        glEnd();
}

void allocate()
{
        //Dynamiczna alokacja tablicy punktow
        pTab = new point3*[n + 1];
        for (int i = 0; i < n + 1; i++)
                pTab[i] = new point3[n + 1];

        //Dynamiczna alokacja tablicy i wygenerowanie kolorow losowych dla punktow
        pRGB = new point3*[n + 1];
        for (int i = 0; i < n + 1; i++)
                pRGB[i] = new point3[n + 1];
        for (int i = 0; i < n + 1; i++)
                for (int j = 0; j < n + 1; j++)
                {
                        pRGB[i][j][0] = ((float)(rand() % 10) + 1) / 10;
```

```
                        pRGB[i][j][1] = ((float)(rand() % 10) + 1) / 10;
                        pRGB[i][j][2] = ((float)(rand() % 10) + 1) / 10;
                }
}

void relase()
{
        //Zwolnienie pamięci
        for (int i = 0; i < n + 1; i++)
        {
                delete[] pTab[i];
                delete[] pRGB[i];
                pTab[i] = 0;
                pRGB[i] = 0;
        }
        delete[] pTab;
        delete[] pRGB;
        pTab = 0;
        pRGB = 0;
}

/*************************************************************************************/
// Funkcja określająca co ma być rysowane (zawsze wywoływana, gdy trzeba przerysować scenę)
void RenderScene()
{
        // Czyszczenie okna aktualnym kolorem czyszczącym
        glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

        // Czyszczenie macierzy bieżącej
        glLoadIdentity();

        //Rotacje
        glRotatef(theta[0], 1.0, 0.0, 0.0);
        glRotatef(theta[1], 0.0, 1.0, 0.0);
        glRotatef(theta[2], 0.0, 0.0, 1.0);

        //Renderowanie osi
        Axes(len);

        //Renderowanie jajka
        Egg();

        // Przekazanie poleceń rysujących do wykonania
        glFlush();

        glutSwapBuffers();
}

/*************************************************************************************/
// Funkcja zwrotna dla klawiszy
void Keys(unsigned char key, int x, int y)
{
        // zmiana modelu wyświetlania
        if (key == 'p' || key == '1') model = 1;
        if (key == 's' || key == '2') model = 2;
        if (key == 't' || key == '3') model = 3;
        // zmiana "rozdzielczości" jajka
        if ( key == '+' || key == '-' || key == 72 || key == 80)
        {
                relase();
                if (key == '+' || key == 72) n += 5;
                if ((key == '-' || key == 80) && n > 0) n -= 5;
                allocate();
        }
        // zmiana długości osi współrzędnych
        if (key == '*') len += 0.25;
```

```
        if (key == '/' && len > 0) len -= 0.25;
        // zmiana rędkości kręcenia się
        if (key == '7') v[0] += 0.05;
        if (key == '4') v[0] -= 0.05;
        if (key == '8') v[1] += 0.05;
        if (key == '5') v[1] -= 0.05;
        if (key == '9') v[2] += 0.05;
        if (key == '6') v[2] -= 0.05;
        RenderScene();
}

/*************************************************************************************/
// Funkcja zwrotna dla obrotu
void spinEgg()
{
        theta[0] -= v[0];
        if (theta[0] > 360.0) theta[0] -= 360.0;
        theta[1] -= v[1];
        if (theta[1] > 360.0) theta[1] -= 360.0;
        theta[2] -= v[2];
        if (theta[2] > 360.0) theta[2] -= 360.0;

        glutPostRedisplay();                        //odświeżenie zawartości okna
}

/*************************************************************************************/
// Funkcja ustalająca stan renderowania
void MyInit(void)
{
        glClearColor(0.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
        // Kolor czyszcący (wypełnienia okna) ustawiono na czarny
}

/*************************************************************************************/
// Funkcja ma za zadanie utrzymanie stałych proporcji rysowanych obiektów w przypadku
zmiany rozmiarów okna.
// Parametry vertical i horizontal są przekazywane do funkcji za każdym razem gdy zmieni
się rozmiar okna.
void ChangeSize(GLsizei horizontal, GLsizei vertical)
{
        // Deklaracja zmiennej AspectRatio  określającej proporcję wymiarów okna
        GLfloat AspectRatio;

        if (vertical == 0)                                                          //
Zabezpieczenie przed dzieleniem przez 0
                vertical = 1;

        // Ustawienie wielkościokna okna widoku (viewport)
        // W tym przypadku od (0,0) do (horizontal, vertical)
        glViewport(0, 0, horizontal, vertical);

        // Przełączenie macierzy bieżącej na macierz projekcji
        glMatrixMode(GL_PROJECTION);

        // Czyszcznie macierzy bieżącej
        glLoadIdentity();

        // Wyznaczenie współczynnika  proporcji okna
        // Gdy okno nie jest kwadratem wymagane jest określenie tak zwanej
        // przestrzeni ograniczającej pozwalającej zachować właściwe
        // proporcje rysowanego obiektu.
        // Do okreslenia przestrzeni ograniczjącej służy funkcja
        // glOrtho(...)
        AspectRatio = (GLfloat)horizontal / (GLfloat)vertical;

        if (horizontal <= vertical)
```

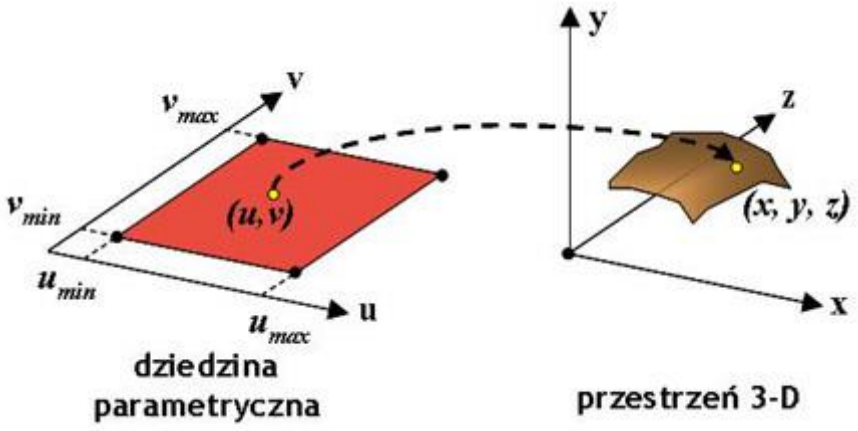
```
			glOrtho(-7.5, 7.5, -7.5 / AspectRatio, 7.5 / AspectRatio, 10.0, -10.0);
		else
			glOrtho(-7.5*AspectRatio, 7.5*AspectRatio, -7.5, 7.5, 10.0, -10.0);
		// Przełączenie macierzy bieżącej na macierz widoku modelu
		glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
		// Czyszcenie macierzy bieżącej
		glLoadIdentity();
}

/*************************************************************************************/
// Główny punkt wejścia programu. Program działa w trybie konsoli
void main(void)
{
		//włączenie polskich znaków
		setlocale(LC_ALL, "");

		cout << "Sterowanie (najwygodniej na klawiaturze numerycznej):\n"
			" p/1     punkty\n"
			" s/2     siatka\n"
			" t/3     trójkąty\n"
			" +       zwiększ rozdzielczosc jajka\n"
			" -       zmniejsz rozdzielczość jajka\n"
			" *       wydłuż osie\n"
			" /       skróć osie\n"
			" 7/8/9   zwiększ prędkość obrotu w osi X/Y/Z\n"
			" 4/5/6   zmniejsz prędkość obrotu w osi X/Y/Z\n";

		// zaalokuj tablicę
		allocate();

		// inicjowanie randa
		srand((unsigned)time(NULL));

		glutInitDisplayMode(GLUT_DOUBLE | GLUT_RGB | GLUT_DEPTH);

		glutInitWindowSize(1024, 800);

		glutCreateWindow("Modelowanie obiektow 3D - jajko (instrukcja w konsoli)");

		// Określenie funkcji RenderScene jako funkcji zwrotnej (callback function)
		// Będzie ona wywoływana za każdym razem, gdy zajdzie potrzba przeryswania okna
		glutDisplayFunc(RenderScene);

		// Dla aktualnego okna ustala funkcję zwrotną odpowiedzialną za zmiany rozmiaru okna
		glutReshapeFunc(ChangeSize);

		// Funkcja MyInit() wykonuje wszelkie inicjalizacje konieczne przed przystąpieniem
do renderowania
		MyInit();

		// Włączenie mechanizmu usuwania powierzchni niewidocznych
		glEnable(GL_DEPTH_TEST);

		// Funkcja zwrotna dla klawiatury
		glutKeyboardFunc(Keys);

		// Funkcja zwrotna obrotu
		glutIdleFunc(spinEgg);

		// główna petla GLUTa
		glutMainLoop();

		// zwolnij pamięć
		relase();
}
```

OPIS DZIAŁANIA

Głównym zadaniem jest renderowanie jajka. Aby je wykonać trzeba wygenerować punkty należące do jajka. Będą one przechowywane w dwuwymiarowej tablicy trójelementowych tablic liczb zmiennoprzecinkowych (point3). Dzieje się to w funkcji eggGenerate. Zmienna step mówi o odległości między punktami w kwadracie jednostkowym. Transformacja z przestrzeni 3D na 2D odbywa się dzięki równaniom parametrycznym:

$$x = (-90u^5 + 225u^4 - 270u^3 + 180u^2 - 45u) \cdot \cos(v \cdot \pi)$$
$$y = 160u^4 - 320u^3 + 160u^2$$
$$z = (-90u^5 + 225u^4 - 270u^3 + 180u^2 - 45u) \cdot \sin(v \cdot \pi)$$

Od wyniku y zostało odjęte 5 w celu obniżenia pozycji jajka i widoczności całego w oknie – inaczej spód byłby w punkcie (0, 0, 0).

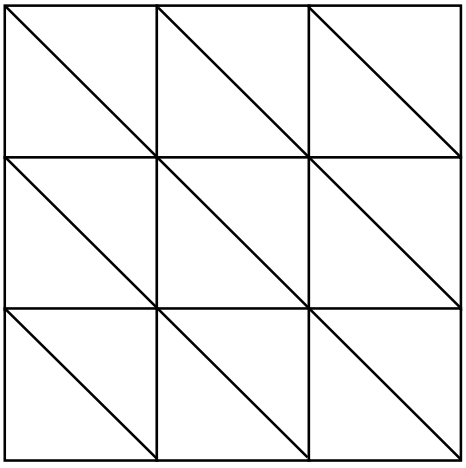


Rys. 1 Przekształcenie dziedziny parametrycznej w powierzchnię w przestrzeni 3-D

W zależności od wybranego trybu jajko zostaje narysowane jako zbiór punktów, krawędzie pomiędzy tymi punktami albo trójkąty utworzone z tychże krawędzi.

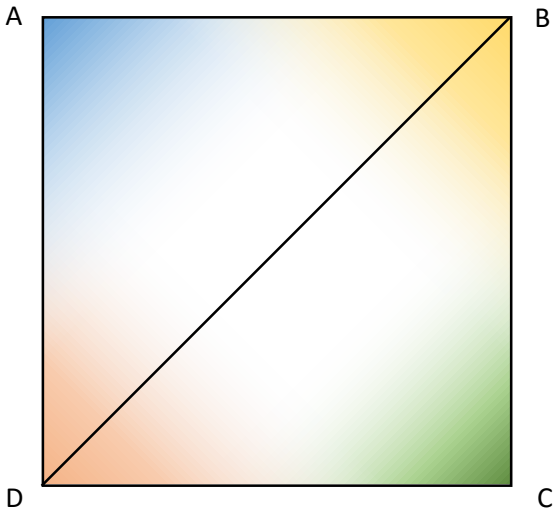
Narysowanie punktów sprowadza się do polecenia rysowania każdego punktu z dwuwymiarowej tablicy reprezentującej kwadrat jednostkowy.

Linie rysowane są w trzech pozycjach: pionowo, poziomo i przechylone w prawo w dół, jak to widać na poniższym schemacie:



Rys. 2 Łączenie wierzchołków

Rysowanie trójkątów odbywa się przez podanie trzech kolejnych wierzchołków dwóch trójkątów w kwadracie: A, B, D i D, B, C. Dodatkowo utworzona jest tablica podobna do tej zawierającej współrzędne punktów, jednakże zawiera ona składowe kolorów RGB każdego punktu, losowane przy inicjacji. Podczas rysowania trójkątów zmieniany jest kolor przed polecenie rysowania poszczególnego wierzchołka.



Rys. 3 Rysowanie trójkątów

Tablice punktów i kolorów są alokowane w głównej funkcji programu. Również tam zwalniana jest pamięć zajmowana przez nie, kiedy praca programu dobiega końca. Jednakże aby zapewnić możliwość zmiany rozdzielczości rysowania jajka podczas jego wizualizacji niezbędna jest zmiana tychże tablic. Następuje to w funkcji zwrotnej dla klawiszy przy wykryciu wciśnięcia + lub -. Wtedy stara tablica jest usuwana i po zmianie n wyrażającego liczbę rzędów i kolumn kwadratu jednostkowego tworzona jest nowa tablica.

Funkcja zwrotna reaguje również na wciśnięcia klawiszy p, s i t (lub 1, 2 i 3), zmieniając tryb wyświetlania pomiędzy punktami, siatką i trójkątami. Klawiszami 4 – 9 można zmienić prędkość obrotu względem poszczególnych osi – górne klawisze na klawiaturze numerycznej zwiększają prędkość (po kolei: X, Y i Z), a dolne zmniejszają. Dodatkowo, aby lepiej dostrzec obroty, można wydłużyć i skrócić osie współrzędnych. Odbywa się to za pomocą klawiszy * i /.

PODSUMOWANIE

Początkowo rysowanie siatki jajka było problematyczne, gdyż skrajne punkty łączyły się z tymi po drugiej stronie poziom niżej, przechodząc przez wnętrze jajka i obie połówki były od siebie oddzielone. W innym przypadku z jajka wychodziły linie na zewnątrz. Ostatecznie, po zajęciach udało się w odpowiedni sposób połączyć punkty.

Obiekt jest kolorowany jest prawie prawidłowo – wierzchołki mają przypisane kolory, lecz skrajne różnią się od siebie przez co widać szew dookoła przekroju podłużnego jajka. Jedynie tego problemu nie udało się rozwiązać.