

Uniwersytet Śląski  
Instytut Informatyki

Michał Marzec

# **Deformacja swobodna**

(projekt zaliczeniowy z Elementów animacji i grafiki 3D)

# 1. Wstęp

Celem projektu było stworzenie aplikacji realizującej deformację swobodną. Deformacja swobodna to technika wykorzystywana w grafice komputerowej do tworzenia prostych deformacji modelu. Polega na zamknięciu modelu w prostopadłościanie (lub innej formie np. walcu) z wyznaczonymi punktami kontrolnymi. Modyfikowanie położenia punktów kontrolnych deformuje model wewnątrz.

## 2. Teoria i algorytmy

Deformacja swobodna opiera się na wielomianach Bernsteina trzeciego stopnia. Można powiedzieć, że prostopadłościan, w którym zawiera się deformowany obiekt jest układem współrzędnych rozpiętym na trzech wektorach (S, T, U). Każdy wierzchołek modelu ma współrzędne (s,t,u) w tym układzie. Położenie każdego wierzchołka X obiektu określa się wzorem:

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_0 + s\mathbf{S} + t\mathbf{T} + u\mathbf{U}$$

Gdzie  $\mathbf{X}_0$  to położenie początkowe wierzchołka.

Przypuśćmy, że nasze punkty kontrolne są zapisane w trójwymiarowej tabeli. Jeśli  $\mathbf{P}_{ijk}$  to położenie punktu kontrolnego, gdzie i, j, k to jego indeksy, to nowe położenie wierzchołka  $\mathbf{X}_{def}$  oblicza się na podstawie położenie punktów kontrolnych za pomocą wzoru:

$$\mathbf{X}_{def} = \sum_{i=0}^l \binom{l}{i} (1-s)^{l-i} s^i \left[ \sum_{j=0}^m \binom{m}{j} (1-t)^{m-j} t^j \left( \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} (1-u)^{n-k} u^k \mathbf{P}_{ijk} \right) \right]$$

Gdzie (s,t,u) to współrzędne  $\mathbf{X}_{def}$  w układzie (S,T,U).

### Algorytm 1: Wylizanie pozycji wierzchołka

Wejście: współrzędne s, t, u będące długościami wektorów S, T, U

Wyjście: pozycja X

$\mathbf{X} = 0$

**Dla każdego**  $s_i = 0, \dots, S_{max}$

**Dla każdego**  $t_i = 0, \dots, t_{max}$

**Dla każdego**  $u_i = 0, \dots, u_{max}$

$\mathbf{X} += \text{dwumian}(S_{max}, s_i) * \text{potęga}(1 - s, S_{max} - s_i) * \text{potęga}(s, s_i)$   
 $* \text{dwumian}(t_{max} - 1, t_i) * \text{potęga}(1 - t, t_{max} - t_i) * \text{potęga}(t, t_i)$   
 $* \text{dwumian}(u_{max}, u_i) * \text{potęga}(1 - u, u_{max} - u_i) * \text{potęga}(u, u_i)$

**Zakończ dla każdego**

**Zakończ dla każdego**

**Zakończ dla każdego**

## 3. Opis Programu

Program został stworzony przy użyciu Unity 3D, Visual Studio 2017 i C#.

### 3.1. Możliwości programu

Program umożliwia swobodną deformację przykładowych modeli ułożonych na scenie. Kliknięcie na obiekt aktywuje swobodną deformację. Deformowany obiekt zostaje obłożony ośmioma punktami kontrolnymi tworzącymi prostokąt. Możliwe jest dowolne modyfikowanie ilości punktów kontrolnych po każdej z trzech osi. Punkty kontrolne przesuwają się przy użyciu myszy (drag & drop). Przesuwany punkt zawsze porusza się prostopadło do kierunku patrzenia kamery. Możliwe jest dowolne poruszanie i obracanie kamery. Wykonaną deformację można cofnąć.

Możliwe jest modyfikowanie częstotliwości aktualizacji deformowanego modelu (na scenie znajdują się modele mniej i bardziej skomplikowane; przy tych bardziej skomplikowanych konieczne może być zmniejszenie częstotliwości by zwiększyć ilość klatek na sekundę). Częstotliwość aktualizacji spada automatycznie zależnie od obecnej ilości klatek na sekundę. Możliwe jest wyłączenie automatycznej zmiany częstotliwości aktualizacji. Minimalna możliwa do ustawienia częstotliwość aktualizacji to raz na 5 sekund, maksymalna nie ma ograniczeń. Przy automatycznej zmianie częstotliwość będzie spadać, jeśli ilość klatek na sekundę jest mniejsza niż 20.

### 3.2. Opis programu

Opis obsługi programu jest zawarty wewnątrz programu.

# Bibliografia

[1] Jana Procházková, Free form deformation methods – the theory and practice. (2017)