LAB03.md

Laboratorium 3.: Wypełnianie trójkątów

Uwaga! Commitujemy po każdym zadaniu! Należy poprawnie skonfigurować pola username/email swojego klienta gita!

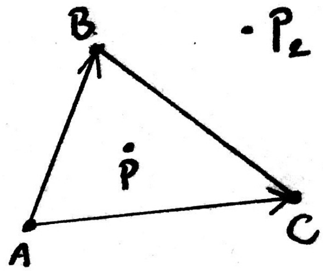
Celem laboratorium jest implementacja algorytmu wypełniania trójkątów za pomocą współrzędnych barycentrycznych. Na laboratorium dodamy także funkcjonalność wczytywania modelu z pliku OBJ.

Z wykładu wiemy, że położenie punktu względem wierzchołków trójkąta można opisać za pomocą współrzędnych barycentrycznych. Wystarczy traktować jego boki jako wektory bazowe specjalnego układu współrzędnych, a jeden z wierzchołków jako początek tego układu:

$$P = A + u\vec{AB} + v\vec{AC}$$

$$-P + A + u\vec{AB} + v\vec{AC} = 0$$

$$\vec{PA} + u\vec{AB} + v\vec{AC} = 0$$



Porzucimy sobie tutaj znane z wykładu oznaczenia w postaci liter greckego alfabetu i wprowadzimy zamiast tego `v` i `u`, które można wygodnie użyć jako nazwa zmiennej. Z rysunku widzimy, że położenie punktu P można opisać za pomocą liniowej kombinacji wektorów AB i AC względem punktu A.

Ponieważ mamy tutaj wektory, rozpiszmy to za pomocą poszczególnych ich elementów i notacji z nawiasami kwadratowymi:

$$\begin{cases} u\vec{AB}_x + v\vec{AC}_x + \vec{PA}_x = 0 \\ u\vec{AB}_y + v\vec{AB}_y + \vec{PA}_y = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} u & v & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{AB}_x \\ \vec{AC}_x \\ \vec{PA}_x \end{bmatrix} = 0 \\ \\ \begin{bmatrix} u & v & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{AB}_y \\ \vec{AC}_y \\ \vec{PA}_y \end{bmatrix} = 0 \end{cases}$$

Mamy dwie niewiadome i dwa równania. Co więcej, jeśli iloczyn tych wektorów w poszczególnych równaniach ma wynosić 0, to z algebry wiemy, że muszą być one prostopadłe do siebie. Zwróćmy uwagę też na pewien fakt: szukamy współrzędnych `u` i `v` wektora, takch, żeby oba pozostałe wektory były do niego prostopadłe. Możemy skorzystać z definicji iloczynu wektorowego.

Wróćmy do naszego kodu.

Zadanie 1.: Dodaj do projektu kod poniższych klas (uzupełniony o konstruktory ustawiające pola współrzędnych):

```
public class Vec3i {
    public int x;
    public int y;
    public int z;

    @Override
    public String toString() {
        return x + " " + y + " " + z;
    }
}

public class Vec3f {
    public float x;
    public float y;
    public float z;
    @Override
    public String toString() {
        return x + " " + y + " " + z;
    }
}

public class Vec2f {
    public float x;
    public float y;
    @Override
    public String toString() {
        return x + " " + y;
    }
}

public class Vec2i {
    public int x;
    public int y;
    @Override
    public String toString() {
        return x + " " + y;
    }
}
```

Klasy te pozwolą na bardziej przejrzystą implementację. Oczywiście powinny trafić do odpowiedniego katalogu z plikami źródłowymi.

Do wypełniania trójkątów będziemy potrzebować 2 metod:

- `barycentric` - oblicza i zwraca współrzędne (u, v, 1-u-v) barycentryczne punktu P względem trójąta ABC,
- `drawTriangle` - dla każdego piksela sprawdza czy punkt leży wewnątrz trójkąta (na podstawie jego wsp. baryc., patrz wykład), jeśli tak to zamalowywuje go.

Zadanie 2.: Uzupełnij kod metody `barycentric` tak, aby realizował obliczanie współrzędnych barycentrycznych i dodaj ją do klasy Renderer.

```
public Vec3f barycentric(Vec2f A, Vec2f B, Vec2f C, Vec2f P) {
     Vec3f v1 = // tutaj potrzebujemy wektora składającego się ze współrzędnych
                // x wektorów AB, AC ora PA.

     Vec3f v2 = // tutaj potrzebujemy wektora składającego się ze współrzędnych
                // y wektorów AB, AC ora PA.
```

```
        Vec3f cross = // iloczyn wektorowy v1 i v2. Wskazówka: zaimplementuj do tego oddzielną metodę

        Vec2f uv = // wektor postaci: cross.x / cross.z, cross.y / cross.z

        //
        Vec3f barycentric = // współrzędne barycentryczne, uv.x, uv.y, 1- uv.x - uv.y
       return barycentric;
   }
```

Zadanie 3.: Dodaj do programu kod metody `drawTriangle` uzupełniony o procedurę wypełniania trójkąta:

```
public void drawTriangle(Vec2f A, Vec2f B, Vec2f C) {
    // dla każdego punktu obrazu this.render:
    //      oblicz współrzędne baryc.
    //      jeśli punkt leży wewnątrz, zamaluj (patrz wykład)
}
```

Przetestuj jej działanie na przykładowych trójkątach, które zdefiniujesz w klasie App.

Zadanie 4: Rozszerz metodę rysowania trójkątów o możliwość zmiany koloru, który powinien być 4. parametrem typu Vec3i a jego pola (x,y,z) powinny odpowiadać wartościom kanałów (R,G,B). Na początku metody dokonaj sprawdzenia czy kolor ustawiony jest poprawnie, ewentualnie przytnij go do przedziału <0,255>.

Powyższe rozwiązanie nie jest efektywne - sprawdzamy wszystkie punkty obrazu dla każdego rysowanego trójkąta, mimo że mogą być one znacznie oddalone od niego i nie wymagane jest liczenie współrzędnych barycentrycznych aby stwierdzić, czy należą one do trójkąta.

Zadanie 5: Zmodyfikuj kod rysowania trójkątów tak, aby sprawdzać tylko punkty obrazu należące do prostokąta który można opisać na trójkącie (tzw. bouding-box).