

Задача 4 – ICGWireframe

Требуется разработать приложение для отображения в виде проволочной модели тел вращения с образующей в виде В-сплайна, научиться управлять камерой и освоить матричные преобразования координат.

Шаг 1. Редактор В-сплайна и других параметров модели.

Образующая трехмерной фигуры вращения является плоской кривой. Из лекции известно, что очередной (i -й) участок В-сплайна строится по четырем опорным точкам P следующим образом:

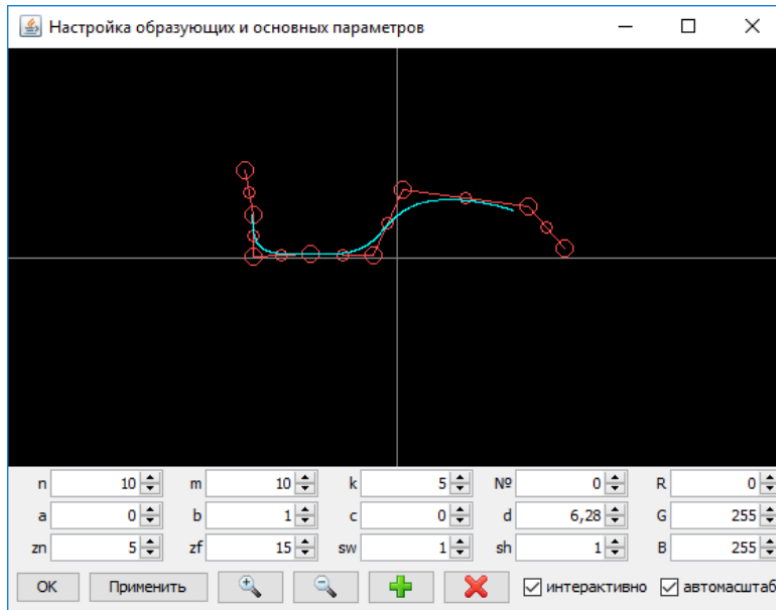
$$r_i(t) = T \cdot M_s \cdot G_s^i \quad \begin{bmatrix} t^3 & t^2 & t & 1 \end{bmatrix} \quad M_s = \frac{1}{6} \begin{pmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad G_s^i = \begin{pmatrix} P_{i-1} \\ P_i \\ P_{i+1} \\ P_{i+2} \end{pmatrix}$$

Соответственно, по K опорным точкам можно построить $K-3$ участков В-сплайна (при этом края участков сшивают максимально гладко). В задаче требуется «приблизить» участок В-сплайна ломаной из N отрезков. Для этого необходимо интервал $[0,1]$ параметра t разделить на N частей и получить для каждого $t=j/N$ точку r_{ij} на плоскости. Учитывая первую и последнюю точки для каждого участка В-сплайна получим $N+1$ точку, по которым можно нарисовать N отрезков. Обратите внимание, что последняя точка i -го участка В-сплайна (с параметром $t=1$) в точности равна первой точке $(i+1)$ -го участка В-сплайна (с параметром $t=0$), поэтому полное число точек всех участков В-сплайна равно $N*(K-3)+1$, а полное число отрезков образующей фигуры вращения равно $N*(K-3)$.

Для удобства в дальнейшем будем обозначать координатные оси в плоскости: U (горизонтальная ось) и V (вертикальная ось). Соответственно, для точек $P(u,v)$ итоговые формулы таковы:

$$\begin{aligned} u_i(t) &= T \cdot M_s \cdot G_{su}^i \\ v_i(t) &= T \cdot M_s \cdot G_{sv}^i \end{aligned} \quad G_{su}^i = \begin{pmatrix} u_{i-1} \\ u_i \\ u_{i+1} \\ u_{i+2} \end{pmatrix} \quad G_{sv}^i = \begin{pmatrix} v_{i-1} \\ v_i \\ v_{i+1} \\ v_{i+2} \end{pmatrix}$$

Редактор имеет следующий вид:



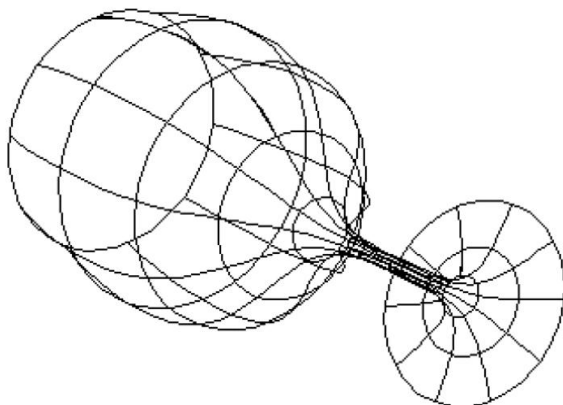
В верхней части расположено окно, в котором должны отображаться:

- 1) образующая (ломаная),
- 2) все опорные точки сплайна (выделены, например, кружками),
- 3) текущая (редактируемая) опорная точка (выделена цветом),
- 4) координатные оси U и V – точка $(0,0)$ в центре.

В нижней части отображаются все параметры задачи. Для образующей параметрами являются опорные точки (не менее 5 точек) и параметр N – число отрезков для каждого участка В-сплайна.

Шаг 2. Визуализация проволочной модели.

Примерный вид проволочной модели трехмерной фигуры вращения:



После закрытия редактора в основном окне приложения отображается проволоочная модель поверхности фигуры вращения, построенной на базе огибающей, заданной на первом шаге в виде ломаной. На первом шаге были получены $N \cdot (K-3) + 1$ точек ломаной, назовем их $F_i(u, v)$. Построение поверхности фигуры вращения выполняется в трехмерном пространстве XYZ , отличающемся от двумерного пространства UV , в котором задавалась ломаная огибающей. Пусть вращение выполняется вокруг горизонтальной оси U , и эта ось является осью Z в пространстве XYZ . Будем разбивать полный угол поворота 360° на M частей, тогда j -й угол поворота равен $\varphi_j = j \cdot 360^\circ / M$. Для i -й точки огибающей и для j -го угла поворота точка поверхности фигуры вращения R_{ij} имеет следующие координаты в пространстве XYZ :

$$R_{ijx} = F_{iv} \cdot \cos\left(\frac{j \cdot 360}{M}\right)$$

$$R_{ijy} = F_{iv} \cdot \sin\left(\frac{j \cdot 360}{M}\right)$$

$$R_{ijz} = F_{iu}$$

Отображение поверхности фигуры вращения необходимо выполнять двумя наборами ломаных. Первый набор состоит из ломаных образующей, повернутых на некоторый угол вокруг оси Z . На приведенном выше рисунке образующая повторяется ровно десять раз, то есть M равно 10 для показа первого набора ломаных. Второй набор ломанных состоит из окружностей, формируемых концами сегментов В-сплайна. Для окружностей величина M должна быть гораздо больше, чтобы окружность выглядела гладкой, например 100. В итоге в нижней части редактора (см. шаг 1) необходимо добавить два дополнительных параметра $M1$ и $M2$, используемых при отображении проволоочной модели поверхности фигуры вращения.

Итак, полученный набор отрезков необходимо визуализировать в основном окне программы. При этом объект в целом может вращаться по трем осям X , Y и Z на произвольный угол. Визуализация выполняется в перспективной проекции – камера отстоит на некотором расстоянии от центральной точки пространства XYZ (все координаты равны нулю) так, чтобы всегда была видна вся фигура целиком. Для этого можно по закрытию окна редактора вычислить габаритный бокс

фигуры, умножить размеры в два раза, чтобы иметь запас при вращении фигуры, и по вычисленным размерам определить смещение камеры от центра координат.

Для визуализации необходимо все точки наборов ломанных подвергнуть матричным преобразованиям – умножение на матрицы всех поворотов и матрицу перспективного преобразования. Результирующий набор отрезков визуализируется любым доступным методом.

Требования к редактору:

1. Должна быть реализована возможность добавлять, удалять и двигать опорные точки.
2. Должны отображаться координатные оси U и V . По горизонтали отложены значения u , по вертикали значения v . По центру значения $(0,0)$. На координатных осях необходимо добавить риски с шагом 1 (на каждой оси).
3. При редактировании пользователь может видеть опорные точки в виде небольших кружков с центрами соответствующими, контрольным точкам. Точки можно перемещать мышью, двигая тем самым опорные точки.
4. В нижней части нужно отображать номер контрольной точки и ее координаты. Должна быть реализована возможность изменения координат численно в окне редактирования.
5. Должна быть реализована возможность изменения координат опорной точки мышью.
6. Должны редактироваться следующие параметры: N , $M1$, $M2$.

Требования к основному окну программы:

7. **Самое главное: должна применяться только матричная арифметика.** Все преобразования рассчитывать как матрицы, формировать результирующую матрицу, а затем применять её к точкам. Использовать однородные координаты. Нарушение этого условия – максимум 2 балла.
8. Приложение должно иметь следующие кнопки:
 - Загрузка сцены из файла. [Open]
 - Сохранение сцены в файл. [Save]
 - Сбросить углы поворота сцены [Init]
 - Показать диалог редактирования параметров тел [Settings]

9. Углы поворота сцены меняются с помощью перемещения мыши с прижатой клавишей. Придумайте, как это сделать. При этом перемещение точек фигур должно происходить параллельно направления движения мыши. Точки ближе, чем центр габаритного бокса к наблюдателю должны двигаться в одном направлении с мышью, а точки дальше центра – в противоположном направлении, то есть вращения относительно центра бокса.
10. Значения, задающие ракурс камеры (P_{cam} , P_{view} , V_{up}) фиксированные, вычисляются автоматически при закрытии окна редактирования.
11. Дополнительно имеет смысл задавать параметр угла обзора камеры. Если задать очень широкий угол обзора («рыбий глаз»), то при вращении фигуры будет наблюдаться эффект искажения частей фигуры, проходящих близко к наблюдателю. Например, z_n камеры можно изменять с помощью колёсика мыши. При скроле к себе z_n должен увеличиваться, то есть угол обзора камеры уменьшаться, а значит отображаемые объекты должны становиться больше. При скроле от себя происходит обратное. При этом можно изменять значение z_f пропорционально.
12. Необходимо реализовать простой режим wireframe без удаления невидимых линий.
13. Должна быть идентификация автора программы.