

АНИМИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ 3D-СЦЕН В ИНТЕРАКТИВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЯХ

Елкин С.Л.¹, Мурынов А.И.²

¹Самарский филиал ОАО «Волга Телеком»

²ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет»

При создании интерактивных динамичных трехмерных моделей необходимо решить комплекс вопросов, связанных с:

- образованием формы трехмерных объектов (тел),
- формированием их проекций на плоскость наблюдения,
- а также обеспечением динамики 3D-сцен – заданием законов движения тел и формированием анимированных изображений проекций [1].

Решение этих вопросов может быть получено на основе использования модели тетрагональной регулярной пространственно деформируемой сети (TRN-модели). Модель использует представление о полях деформаций пространства [2], что обеспечивает единообразное представление процессов формообразования, проецирования и анимации тел. TRN-модель предполагает задание начального состояния прямоугольной сети S с квадратными ячейками единичного размера в плоскости XU с помощью матриц координат узлов сети размером $m \times n$:

$$X = [x_{ij}], Y = [y_{ij}], Z = [z_{ij}], \text{ где } i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n,$$

где элементы этих матриц принимают значения: $x_{ij} = i - 1$, $y_{ij} = j - 1$, $z_{ij} = 0$.

При этом предполагается, что для каждого элемента матриц соответствующего узла сети определяются соседними элементами по строке и по столбцу матриц.

Формирование поверхности моделируемых тел производится путем деформации сети - перемещения узлов сети из начального состояния в конечное состояние на поверхности тела. Для этого используются поля деформаций пространства (ПДП), для которых соответствующие преобразования пространства:

$$x^* = f_x(x, y, z), y^* = f_y(x, y, z), z^* = f_z(x, y, z).$$

могут быть такими, что их якобиан обращается в ноль в отдельных точках пространства или даже в отдельных областях пространства.

Кроме того, форма преобразования изменяется и представляется в виде смещений точек пространства, что описывает преобразование как результат перемещения точки (x, y, z) в точку (x^*, y^*, z^*) и определяет деформацию всего пространства [3]:

$$x^* = x + \varphi_x(x, y, z), y^* = y + \varphi_y(x, y, z), z^* = z + \varphi_z(x, y, z).$$

Форма поверхности тела определяется путем задания ПДП в узлах сети, таким образом, чтобы сеть покрывала поверхность тела. Тем самым поверхность тела аппроксимируется тетрагональными элементами, соответствующими ячейкам сети. Конечное состояние сети S описывается оператором деформации сети D , компоненты которого определяются матрицами: $D_x = [d_{xij}]$, $D_y = [d_{yij}]$, $D_z = [d_{zij}]$, а результат деформации DS имеет вид: $DX = X + D_x$, $DY = Y + D_y$, $DZ = Z + D_z$.

Поскольку якобиан преобразования может вырождаться в ноль, то в результате деформации возможна склейка узлов – совпадение конечных значений их координат. Склейки могут быть локальными, определяющими сингулярные элементы структуры поверхности тела (вершины и ребра), и нелокальными, описывающими замыкания сети на поверхности тела. Учет склеек узлов производится с помощью матриц инцидентий размера $2m \times n$ (для случая двухполюсного сфероидального замыкания, подобного разграфке поверхности сферы линиями параллелей и меридианов): $C = [c_{ij}]$, где $i = 1, 2, \dots, 2m$, $j = 1, 2, \dots, n$; элементы матрицы c_{ij} принимают значение 1, если соответствующая связь подвергается склейке, или 0 – при отсутствии склейки. Таким образом, элементам матрицы инцидентий соответствуют связи сети. При этом нечетким строкам матрицы соответствуют горизонтальные связи сети, четным строкам – вертикальные связи, последний столбец матрицы образуют связи, формирующие циклическое замыкание по каждой строке, последняя строка образована связями, формирующими циклическое замыкание по каждому столбцу. Матрица инцидентий является по существу структурой данных, описывающей топологические свойства поверхности тела, полученного в результате сингулярной деформации сети.

При формировании проекций тел необходимо учесть, что изменение плоскости наблюдения эквивалентно соответствующему перемещению тела. Аддитивное представление деформаций сети позволяет реализовать динамику – деформации поверхности тела и его перемещения (см. рис. 1), а также его движения путем последовательного применения операторов ПДП с малыми приращениями значений координат узлов сети (см. рис. 2).

Поэтому формирование новой проекции может иметь вид оператора деформации D_1 , определяющего перемещение тела в пространстве. Это позволяет использовать в качестве базовой проекцию на плоскость, параллельную плоскости XY с направлением наблюдения, обратным направлению оси Z , и полностью определяет базовую проекцию компонентами

$$D_1DX = X + D_x + D_{1x} \text{ и } D_1DY = Y + D_y + D_{1y}.$$

Решение задачи экранирования ячеек сети при проецировании выпуклых тел заключается в вычислении индикационной матрицы, которая определяет для каждой ячейки направление порядка обхода узлов ее проекции. Индикационная матрица размера $(m-1) \times (n-1)$ имеет вид: $R = [r_{ij}]$, где элемент матрицы r_{ij} принимает значение 1 при направлении обхода ячейки по часовой стрелке, либо значение 0 – при обратном направлении обхода.

С помощью индикационной матрицы отбираются только видимые со стороны наблюдателя ячейки деформированной сети с единичным значением элемента матрицы. Для невыпуклых тел решение задачи экранирования достигается путем использования Z -буфера узлов сети.

Свойство аддитивности ПДП позволяет единообразно описывать процессы формообразования тел, пластичного изменения их формы и последовательного изменения их положения в пространстве при различных видах движения. В этом случае закон движения определяется последовательностью операторов деформации сети, соответствующих малым приращениям координат. Проецирование полученных состояний деформированной сети обеспечивает получение серии последовательных изображений и, тем самым, позволяет анимировать объекты 3D-сцен. Если у пользователя есть возможность управления деформациями поверхности тела, его

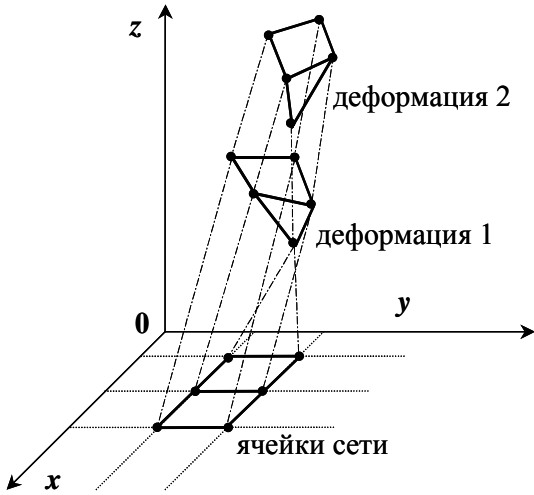


Рис. 1. Композиция деформаций сети

перемещения и движения, то полученная динамическая трехмерная модель приобретает интерактивный характер.

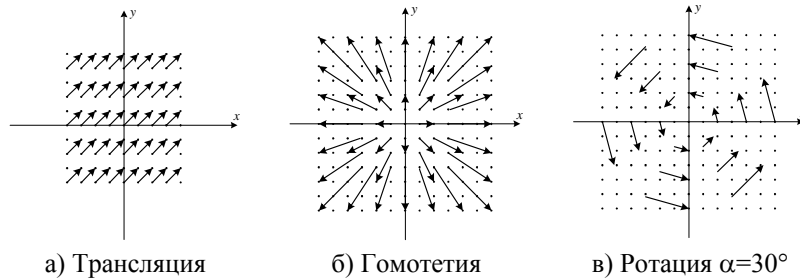


Рис. 2. ПДП различных видов движений

Литература

1. Эйнджел Э. Интерактивная компьютерная графика. – М.: «Вильямс», 2001. – 592 с.
2. Мурынов А.И. Конфигурационные модели изображений и оценка параметров структурных элементов их деталей // Химическая физика и мезоскопия. Т.4, 2002, №1. - С. 128-144.
3. Александров А.Д., Нецветаев Н.Ю. Геометрия. – М.: Наука, 1990. – 672с.

