

Т.В. Чернякова
МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Чернякова Татьяна Викторовна

cherntv@yandex.ru

ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Россия, г. Екатеринбург

METHODS OF PRESENTING OF COMPUTER THREE-DIMENSIONAL OBJECTS

Chernyakova Tatyana Victorovna

Russian state vocational-pedagogical university, Russia, Yekaterinburg

***Аннотация.** Представление объектов в виде трехмерной модели очень связано с инструментарием программ компьютерной графики. Наиболее распространённые методы представления трехмерных объектов это – квадрики, суперквадрики, полигональные модели, NURBS-поверхности, системы частиц, меташарики, октодеревья, BSP-деревья.*

***Abstract.** The submission of objects in a three-dimensional model is very connected with the toolkit of computer graphics programs. Most often-prevalent methods of presenting three-dimensional objects is – quadric, superquadrics, NURBS-surfaces, particle systems, meta-balls, octrees, BSP-trees.*

***Ключевые слова:** трехмерная графика; компьютерные модели; методы представления трехмерных объектов; классы трехмерных объектов; методы моделирования; программы компьютерной графики.*

***Keywords:** three-dimensional graphics; computer models; methods of representation of three-dimensional objects; classes of three-dimensional objects; computer modeling; computer graphics software.*

Трехмерные графические сцены могут содержать объекты и материальные поверхности множества различных типов: дома, ландшафты, цветы, облака, скалы, вода, кирпичи, железные листы, резина, бумага, гранит, алюминий, стекло, пластик и одежда и др. Для их компьютерного описания не существует единого универсального метода, включающего все характеристики данных объектов, поведения материалов при деформациях и расчетах освещения.

Рассмотрим некоторые распространённые методы представления трехмерных объектов.

В число основных объектов, часто используемых в графических приложениях, входят поверхности второго порядка (квадрики), полиномиальные и показательные функции, которые описываются уравнениями второго порядка (квадратными). Все трехмерные пакеты предлагают процедуры вывода на экран таких распространенных форм, как сферы, эллипсоиды, параллелепипеды, цилиндры, многогранники, торы, а также многоугольные поверхности. В графических системах используются быстрые аппаратные реализации схем визуализации с помощью многоугольников, что позволяет отображать миллион или более

затененных многоугольников за секунду, включая расчет наложения текстуры на поверхность и применение специальных эффектов освещения. По этой причине, многоугольные описания часто называются стандартными графическими объектами [1].

Многоугольные и квадратичные поверхности (квадрики) позволяют точно описать такие простые евклидовы объекты, как многогранники и эллипсоиды, которых достаточно для проектирования технических объектов.

Второй класс популярных объектов в программах трехмерной графики – это суперквадрики, которые являются обобщением поверхностей второго порядка (квадрик). Для получения суперквадрик в уравнение поверхности второго порядка вводятся дополнительные параметры, что дает большую гибкость в настройке форм объектов [2]. Например, во многих двумерных векторных программах при построении многоугольников можно указать параметр звезды, что позволяет получать звездчатые многоугольники и вырождение их форм.

Третий класс объектов описывается полигональными моделями. Для пространственных моделей в качестве базовых примитивов используются вершины, ребра и грани, из которых строятся полилинии, полигоны и полигональные поверхности. В современной компьютерной графике полигональная модель является наиболее распространенной моделью представления техногенных объектов. Она применяется в системах автоматизированного проектирования, тренажерах, геоинформационных системах, системах автоматизированного проектирования, компьютерных играх как основной метод представления компьютерных объектов.

Четвертый класс объектов полезен при проектировании инженерных структур с криволинейными поверхностями. Такие поверхности моделируются на основе сплайнов и сплайновых поверхностей. Инструментарий векторных программ представлен кривыми Безье, B-сплайнами, NURBS-сплайнами и поверхностями. NURBS-сплайны дают более гладкую и «хорошую» визуальную кривизну. Ряд программ трехмерного моделирования в качестве основного инструментария для проектирования «скульптурных» инженерных поверхностей использует универсальный тип геометрических данных – формат NURBS [3].

Пятый класс объектов позволяет моделировать нежесткие объекты такие, как одежда, резина, молекулярные структуры, жидкости и капли воды, плавающие и тающие объекты, мускулы людей и животных. Такие объекты имеют определенную степень текучести-тянучести. Они меняют свои поверхностные характеристики при определенных движениях, имитациях физических воздействий или, когда в окрестности находятся другие объекты. Для их представления характерны криволинейные поверхности, которые нельзя представить с использованием стандартных форм или известных сплайновых поверхностей. В совокупности все такие объекты называются каплевидными объектами.

Форму отдельных молекул, например, можно считать сферической, но она меняется при приближении одной молекулы к другой. Это объясняется тем, что плотность электронного облака искажается присутствием других молекул, так что возникают краевые эффекты. Отметим, что данные характеристики нельзя адекватно описать, просто, с помощью сферических или эллиптических форм.

Было разработано несколько компьютерных моделей для представления каплевидных объектов как функций распределения в области пространства. Обычно, формы поверхностей описываются так, что объем объекта остается постоянным при любых движениях или взаимодействиях. Один из методов моделирования каплевидных объектов – использование

комбинации гауссовых функций плотности. В других методах для генерации каплевидных объектов используются модель меташариков (meta-ball), которая описывает сложные объекты как комбинацию квадратных функций плотности. Meta-ball есть во многих популярных программах трехмерной графики.

Шестой класс объектов – это системы частиц (particle system), используемый в компьютерной графике как способ представления объектов, не имеющих чётких геометрических границ (различные облака, туманности, взрывы, струи пара, шлейфы от ракет, дым, снег, дождь и т.п.), сыпучие тела (песок, зерно, пыль, волосы, трава) и представления массивом подобных объектов. Математически каждая частица описывается материальным объектом с назначенными атрибутами (угловая скорость, цвет, ориентация в пространстве и т.п.). В трехмерной сцене каждая частица изменяет своё состояние по определённому, общему для всех частиц системы, физическому закону. Например, частица может подвергаться воздействию гравитации, менять размер, цвет, скорость (в том числе под внешним воздействием). Частица может быть визуализирована точкой, треугольником, спрайтом или полноценной трехмерной моделью.

В некоторых графических системах для представления объемных объектов используются иерархические древовидные структуры, называемые октодеревьями (octrees), которые представляют седьмой класс компьютерных объектов. Представления в форме октодеревьев широко используются в сфере построения медицинских изображений и других приложениях, требующих отображения поперечных сечений объектов. Древовидная структура организована так, что каждый узел соответствует области трехмерного пространства. Это представление объемных тел использует пространственную когерентность, чтобы снизить требования к памяти для хранения трехмерных объектов. Кроме того, это представление удобно для хранения информации о внутренних областях объектов.

Представление трехмерного объекта в форме октодеревя является расширением подобной двухмерной схемы представления, называемыми кодированием в форме квадродерева (quadtree). Квадродеревья генерируются последовательным делением двухмерной области (обычно квадрата) на квадранты. Каждый узел квадродерева имеет четыре элемента данных – по одному на каждый квадрант области. Если все точки квадранта имеют одинаковый цвет (однородный квадрант), этот цвет указывается в соответствующем элементе данных узла. Кроме того, в элементе данных устанавливается метка, определяющая, что квадрант однородный. Алгоритмы генерации октодеревьев можно структурировать так, чтобы они принимали определения объектов в любой форме, например, многоугольной сетки, криволинейных участков поверхности или стереометрических конструкций.

Октодеревья давно используются в компьютерных играх, однако их использование ограничено из-за серьёзных требований к аппаратной части. Чаще всего в играх деревья используются для отрисовки моделей. При моделировании ландшафтов вместо обычного поля высот можно использовать алгоритмы октодеревьев, что позволяет создавать более сложные пространства с дополнительными элементами (пещеры, мосты, гроты и т.д.). Одной из самых важных возможностей таких описаний ландшафтов, интерьеров и объектов является возможность их динамического изменения или разрушения в реальном времени.

Восьмой класс представления объектов – это BSP-деревья (BSP, binary space-partitioning). Данная схема представления подобна кодированию в форме октодеревя, только

пространство на каждом этапе делится не на восемь частей, а на два участка плоскостью, которая может проходить через любую точку и иметь любую ориентацию. В кодировании с помощью октодерева деление происходит тремя взаимно перпендикулярными плоскостями, параллельными декартовым координатным плоскостям.

BSP-дерево используется для эффективного выполнения следующих операций: сортировки визуальных объектов в порядке удаления от наблюдателя и обнаружение столкновений. Алгоритм построения и обхода BSP дерева был реализован в виде библиотеки классов, написанной на C++. Библиотека позволяет описывать входные данные алгоритма, строить по ним дерево двоичного разбиения пространства и обходит его в различных направлениях. Исходная геометрия сцены описывается множеством всех многоугольников, из которых она состоит. Каждый многоугольник представлен списком своих вершин, перечисленных так, что каждая следующая вершина соединена с предыдущей, а последняя соединена еще и с первой. При этом многоугольник должен обязательно быть выпуклым. Список полигонов сцены передается конструктору класса, представляющего BSP-дерево. Конструктор строит структуру данных, представляющую дерево, рекурсивным алгоритмом. Для обхода дерева от ближнего полигона к дальнему или в обратном порядке используются методы класса, которым передается функтор (объект класса с перегруженным оператором функции), обрабатывающий каждый многоугольник.

При описании игровых уровней используют BSP-деревья, которые разбивают уровень на подсекторы. Имея точку на двухмерной игровой карте, программа рендеринга определяет с помощью BSP-дерева ближайшие к игроку и попадающие в его поле зрения подсекторы и начинает заполнение экрана. Перед этим перемещающиеся объекты вставляются в дерево и, в результате, отображаются обычным способом. Как только экран заполнен, программа рендеринга прекращает дальнейшую обработку данной ветви. Производительность программы таким образом повышается во много раз. BSP-дерево – это гибкий и мощный инструмент, позволяющий сократить необходимый объем вычислений, а, следовательно, и временные затраты.

Рассмотренные классы представления объектов позволяют описывать реальные трехмерные объекты любой сложности, кривизны и иерархичности, выбирать метод представления как ситуационный универсальный примитив визуализации для рассматриваемой трехмерной сцены.

Список литературы

1. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование: учебник для учреждений высш. проф. образования / Н. Н. Голованов. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 272 с.
2. Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 560 с.: ил.
3. Херн Д., Бейкер М.П. Компьютерная графика и стандарт OpenGL, 3-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1168 с. (+ 48 с. цв. ил.): ил.