

Косников Ю.Н., Александрова Н.В. О применении радиальных базисных функций в задачах визуализации трехмерных объектов. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2014. – С. 126-130.

УДК 004.94

О ПРИМЕНЕНИИ РАДИАЛЬНЫХ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ю.Н. Косников, Н.В. Александрова

ON THE RADIAL BASIS FUNCTIONS APPLICATION IN PROBLEMS OF 3D OBJECTS VISUALIZATION

Y.N. Kosnikov, N.V. Aleksandrova

Аннотация. Определены нуждающиеся в решении основные задачи геометрического моделирования и визуализации пространственных объектов на основе применения радиальных базисных функций.

Ключевые слова: моделирование, визуализация, поверхность, радиальная базисная функция.

Abstract. There have been identified in need of solving basic problems of geometric modeling and visualization of spatial objects based on the use of radial basis functions.

Keywords: modeling, visualization, surface, radial basis function.

Для многих предметных областей (археология, геоинформатика, автоматизированное проектирование, научная визуализация, создание человеко-машинных интерфейсов) актуальны задачи реконструкции и визуализации объекта по набору опорных точек. Хорошие интерполирующие свойства радиальных базисных функций (РБФ) позволяют эффективно использовать их для этих целей в графических приложениях.

Решение интерполяционных задач в системах геометрического моделирования и визуализации трехмерных объектов имеет свои особенности. Первая из них заключается в том, что «потребителем» результатов работы таких систем является человек со всеми достоинствами и недостатками визуального восприятия. Вторая особенность в том, что во многих случаях объекты должны представляться наблюдателю в режиме реального времени (РВ). Это относится, например, к интерфейсам графических систем технологического, военного, игрового назначения. В связи с этим встает вопрос о месте и возможностях РБФ применительно к моделированию и визуализации трехмерных объектов.

В общем случае исходной информацией для моделирования составной поверхности объекта являются опорные точки, неравномерно расставленные в пространстве. Зачастую одни участки будущей поверхности задаются опорными точками, расставленными с высокой пространственной плотностью, а для реконструкции других участков число опорных точек оказывается недостаточным. В этой связи на начальном этапе моделирования необходимо ответить на вопрос: как без ущерба для качества реконструкции поверхности редуцировать количество опорных точек в случае их избытка и доопределить их в случае не-

достатка? При этом излишнее удаление опорных точек приведет к утере мелких деталей поверхности, а неудачное доопределение исказит ее характер.

В случае моделирования объектов большой протяженности количество опорных точек будет весьма большим. Это значительно усложняет описание объекта. Для упрощения модели имеет смысл разбить поверхность объекта на фрагменты (отсеки), то есть применить кусочно-аналитическое представление поверхности. Тогда следующей задачей является распределение опорных точек между отсеками будущей составной поверхности. Возможны различные способы распределения, например, на основе одинакового количества опорных точек в каждом отсеке, одинаковых геометрических размеров отсеков, перехода к новому набору опорных точек, более удобно расставленных в пространстве.

Реконструкция поверхности по отсекам определяет требования к выбору РБФ: их влияние должно спадать по мере удаления от центров и быть нулевым для точек соседних отсеков. Этому требованию удовлетворяют функции, локализованные вокруг центра, например, гауссиан, инверсный квадратик, инверсный мультиквадрик. Выбор РБФ зависит от особенностей предметной области, возможно и создание новых РБФ с заданными свойствами.

Опорные точки будущей поверхности обычно задаются в пространстве тройкой декартовых координат. Для построения функциональной зависимости, интерполирующей опорные точки, с целью дальнейшей визуализации поверхности, как правило, применяется общая форма ее записи [1]. Однако для визуализации 3D-объектов такая форма записи интерполянта весьма неудобна, так как требует применения метода, основанного на трассировке лучей [2]. Для нахождения промежуточных точек поверхности необходимо организовать сканирование объема, вмещающего опорные точки, по некоторому регулярному закону и выявить точки, которые с заданной точностью обращают интерполянт в ноль. Эти точки принадлежат поверхности и могут быть использованы в качестве основы для визуализации. Метод трассировки является чрезвычайно затратным в вычислительном отношении и в случае сложных сцен не реализуется в режиме РВ. Для повышения производительности операций визуализации следует применить другую форму математического описания реконструируемой поверхности – явную или параметрическую. Применение этих форм описания накладывает ограничения на вид поверхности, в частности, требует, чтобы описывающая ее функция была однозначной или чтобы была задана очередность опорных точек. При этом следует учесть, что требования к геометрической точности реконструкции объекта могут быть снижены за счет применения средств повышения реалистичности отображения (текстурирование, затенение, фильтрация) и спецэффектов, то есть путем «обмана глаз».

Определив вид РБФ и форму описания поверхности, необходимо найти весовые коэффициенты РБФ для каждого отсека поверхности. При необходимости от исходного набора опорных точек можно перейти к их новому набору с регулярной расстановкой [3]. В этом случае операции по выбору РБФ и нахождению их весовых коэффициентов выполняются повторно, причем для новых опорных точек могут быть выбраны РБФ, отличающиеся от тех функций, которые были выбраны для исходного набора.

Следующий этап моделирования объекта – нахождение промежуточных точек сегментов и нормалей, проведенных через эти точки. Промежуточные точ-

ки принимаются за вершины полигональной модели, необходимой для визуализации объекта средствами стандартной графической системы компьютера, а нормали используются для моделирования освещенности объекта. Если целью этапа не является создание модели поверхности в режиме РВ, он выполняется предварительно, если же развертывание поверхности идет в режиме РВ, то вычисления выполняются в процессе визуализации по быстрым алгоритмам. Быстрые алгоритмы основываются на последовательном обходе отсеков и конечно-разностных или табличных методах. В процессе развертывания крайних зон отсеков выполняются операции сопряжения (стыковки) их с соседними отсеками по заданному закону. Для решения этой задачи нужно ответить на целый ряд вопросов:

- как обеспечить требуемый вид стыка – гладкую поверхность или ребро без аномалий отображения?

- какие алгоритмы выбрать для стыковки отсеков с заданной степенью точности (без «щелей»)?

- как при выполнении стыковки обеспечить режим РВ?

Ответы на эти вопросы могут быть получены с помощью известных способов стыковки, например, скользящего окна, переноса опорных точек, использования РБФ в качестве смешивающих функций, полигональной экстраполяции [4]. Возможны и различные варианты усреднения координат текущих точек при подходе к зоне стыковки слева и справа.

В любом случае результатом данного этапа является набор точек, которые принимаются за узлы полигональной сетки. Вместе с нормальными они передаются в аппаратный графический процессор компьютера для дальнейшей обработки и визуализации.

В заключение можно перечислить нуждающиеся в решении основные задачи геометрического моделирования и визуализации пространственных объектов на основе применения РБФ:

- выбор математического аппарата для описания 3D-объектов с замкнутой и незамкнутой поверхностью;

- выбор или разработка РБФ применительно к характеру поверхности объекта. Исследование точностных характеристик интерполяции для различных РБФ;

- разработка быстрых алгоритмов редукции и доопределения опорных точек, распределения их между отсеками составной поверхности, стыковки отсеков по заданному закону, вычисления промежуточных точек поверхности и проходящих через них нормалей;

- разработка технологии геометрического моделирования и визуализации 3D-объектов с применением РБФ, в том числе в режиме РВ.

Библиографический список

1. Carr J.C. Reconstruction and Representation of 3D Objects with Radial Basis Function / J.C. Carr, R.K. Beatson, J.B. Cherrie, T.J. Mitchell, W.R. Fright, B.C. McCallum, T.R. Evans // ACM SIGGRAPH 2001. – 2001. – P. 67–76.

2. Иванов В.П., Батраков А.С. Трехмерная компьютерная графика / под ред. Г.М. Полищука. – М.: Радио и связь, 1995. – 224 с.

3. Косников Ю.Н., Александрова Н.В. О применении геометрических форм в вычислительных системах графического назначения // XXI век: итоги про-

шлого и проблемы настоящего плюс. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013. – №10(14). – С. 124–130.

4. Косников Ю.Н. Геометрическое моделирование в графических системах реального времени: монография. – Пенза: Информац.-издат. центр Пенз. гос. ун-та. – 2006. – 218 с.

Косников Юрий Николаевич

Пензенский государственный
университет, г. Пенза, Россия
E-mail: kosnikov@gmail.com

Kosnikov Yuriy Nikolaevich

Penza State University
Penza, Russia

Александрова Наталья Вадимовна

Пензенский государственный
университет, г. Пенза, Россия
E-mail: 125nats@mail.ru

Aleksandrova Natalya Vadimovna

Penza State University
Penza, Russia