

ТРЁХМЕРНАЯ ВОКСЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ В МЕДИЦИНСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Волков Григорий Александрович

магистрант, Марийский государственный университет, РФ, г. Йошкар-Ола

Волкова Ксения Романовна

магистрант, Марийский государственный университет, РФ, г. Йошкар-Ола

Three-dimensional voxel model in medical visualization

Grigory Volkov

student of the magistracy, Mari State University, Russia, Yoshkar-Ola

Ksenia Volkova

student of the magistracy, Mari State University, Russian Federation, Yoshkar-Ola

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные понятия связанные с трехмерной воксельной моделью. Дано определение вокселю с точки зрения компьютерной графики. Описаны алгоритмы построения таких моделей и способы их рендеринга. Также описано прикладное применение трехмерных воксельных моделей в медицинской визуализации.

Abstract. In this article the main are considered a concept the bound to three-dimensional voxel model. It is given definitions voxel in terms of computer graphics. Algorithms of creation of such models and ways of their rendering are described. Applied application three-dimensional the voxels of models in medical visualization is also described.

Ключевые слова: воксел; воксельная модель; трехмерная модель; пиксель; объемное изображение; трехмерное пространство; компьютерная графика; полигон; виртуальный объект; трехмерный элемент; плоские полигоны; марширующие кубы; шкала Хаунсфилда; объемный рендеринг.

Keywords: voxel; voxel model; three-dimensional model; pixel; the volume image; three-dimensional space; computer graphics; the ground; the virtual object; three-dimensional element; flat grounds; the marching cubes; a scale of Haunsfield; volume rendering.

Воксел берет свое название от английского слова «voxel», которое представляется собой сокращения «volumetric» (объемный) и «pixel» (пиксель). Следовательно, определение для данного понятия можно дать следующее: элемента объемного изображения, которых хранит в себе значение раstra трехмерного пространства. Воксел представляет собой аналог пикселя в трехмерном пространстве, так как имеет в себе почти все параметры последнего.

Воксели применяются в компьютерной графике в качестве альтернативы полигонов. Так как пиксель может представлять собой виртуальный и физический объект, воксели схоже по своей структуре с виртуальными объектами. Далее возникает необходимость проецировать виртуальные элементы на монитор. Для этого существует три способа отображения:

- виртуальные пиксели отображают плоских двумерных объектов в трехмерном пространстве;
- пустое трехмерное пространство строится на основе полигонов или двумерных плоскостей;
- воксели формируют трехмерные модели с внутренностями.

Таким образом, воксел является полноценным трехмерным элементом в отличие от полигонов, которые выстраивают пустое трехмерное пространство из двумерных плоскостей.

В настоящее время для моделирования трехмерной графики применяются два наиболее распространенных метода:

- плоские полигоны, формирующие полые трехмерные модели;
- объемные кубы (воксели), формирующие заполненные трехмерные модели.

Последний метод создает модель, внутри которой каждый элемент несет в себе информацию о том, чем он является в данном объекте и какие свойства ему полагаются.

В силу того, что трехмерные воксельные модели состоят из матриц значений каждого единичного элемента, такие пространственные объекты можно применять в моделировании непрерывных сред и полей значений. Поэтому воксельные модели часто применяются в медицинской визуализации для анализа данных об анатомии пациента.

Большая часть медицинского оборудования сканирует пациентов послойно (компьютерная томография, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография и т.п.). Из данных полученный таким образом можно сформировать трехмерную воксельную модель, при этом матрица значений содержит в себе информацию, полученную с устройств. Например, воксельная модель, полученная с изображений компьютерной томографии, содержит в себе значения прозрачности тела по шкале Хаунсфилда. Данная шкала базируется на рентгеновской плотности тканей, где 1000 HU – это плотность воздуха, а 0 HU – воды. Воксельная модель, полученная с магнитно-резонансного томографа, выводит любое сечение объекта для более детального изучения среза.

Для построения воксельных моделей есть два наиболее популярных метода: Splatting (бросанием снежков) и Marching Cubes (марширующие кубы). Первый метод представляет собой быстрый способ визуализации объектов. Воксели выстраиваются на поверхности просмотра по убыванию их в глубь объекта. Данные «сплэты» рендерятся в виде дисков, которые могут менять свой цвет и прозрачность в зависимости от диаметра соответственно нормальному (гауссовому распределению). Также могут быть использованы другие значения и распределения в зависимости от конкретной прикладной задачи.

Более сложным алгоритмом отрисовки является метод марширующих кубов. Данный способ формирует изоповерхность, которая базируется на вокселях. Для реализации алгоритма марширующих кубов необходима использовать значения восьми соседних вокселей, которые применяются для создания полигона внутри куба. Данные воксели обозначают координаты куба. В данной ситуации существует всего 256 всевозможных комбинаций данных вершин, поэтому заранее подготавливается база типовых сочетаний для дальнейшего отображения большого количества данных в хорошем качестве [1].

Менее популярными будут алгоритмы, предназначенные для отображения проекции минимальной или максимальной интенсивностей. Они хорошо подходят для отображения наиболее или наименее ярких пикселей изображений. Также можно применять метод затемнённых поверхностей, в котором соединяются воксели соседних вершин по заданному пользователем порогу. Можно применять многоплоскостное переформатирование, но она очень требовательно к вычислениям [2].

Для построения трехмерной воксельной модели чаще всего используют объемный рендер (Volume Rendering). Наиболее популярны алгоритм является Ray Casting. Он производит замеры в сцене, базируясь на пересечениях лучей с поверхностью. Поскольку в объемном рендеринге используются все трехмерные данные, полученные от вокселей, такой метод визуализации становится очень требовательным к вычислительным мощностям.

Его технология определяет интенсивность пикселя.

Далее происходит взвешенное суммирование цвета и непрозрачности каждого вокселя [3].

Таким образом, трехмерная воксельная модель находит свое применение визуализации органов человека, полученных на основе медицинских изображений. Процесс создания таких объектов весьма затратный, поэтому при прикладном решении необходимо оптимизировать алгоритмы под конкретный случай.

Список литературы:

1. Mitterberger, M. The use of three-dimensional computed tomography for assessing patients before laparoscopic adrenal-sparing surgery / M. Mitterberger, G.M. Pinggera, R. Peschel, G. Bartsch, L. Pallwein, F. Frauscher // BJU Int. – 2006. – Vol. 98(5), – P. 1068-1073. – ISSN 1464-410X.
2. Волков Г.А., Волкова К.Р. Трехмерная визуализация // Научный форум: Инновационная наука: сб. ст. по материалам XX междунар. науч.-практ. конф. — № 2(20). — М., Изд. «МЦНО», 2019. — С. 8-12.
3. Liao H., Inomata T., Sakuma I., Dohi T. 3-d augmented reality for mri-guided surgery using integral videography autostereoscopic image overlay// Biomedical Engineering, IEEE Transactions on 57, 2010. – P. 1476-1486.