

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ 3D ФОРМЫ СЕРДЦА ПО ТОМОГРАФИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Ильина Н.Л.

Томский политехнический университет
nli1@tpu.ru

Введение

Важнейшей задачей электрокардиологии является диагностика состояний и заболеваний сердечно-сосудистой системы. Целью исследования является определение по серии двумерных снимков, полученных методом компьютерной томографии геометрических параметров сердца пациента и синтез реалистичного трехмерного изображения сердца пациента, таким образом, получение и дальнейшая обработка данных медицинских изображений является важным первым шагом для дальнейшего исследования электродинамической активности сердца. Поставленная задача решается с помощью метода компьютерной томографии путем получения серии снимков сердца пациента. Затем для графического представления отдельных анатомических структур в виде виртуальных трехмерных объектов применяют технику объемного (3D) рендеринга.

Целью данной работы является определение по серии двумерных снимков, полученных методом компьютерной томографии геометрических параметров сердца пациента и синтез реалистичного трехмерного изображения сердца пациента, таким образом, получение и дальнейшая обработка данных медицинских изображений является важным первым шагом для дальнейшего исследования электродинамической активности сердца.

Описание алгоритма

Алгоритм получения 3D модели сердца представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Преобразование данных медицинских изображений

Исходная информация, полученная при проведении компьютерной томографии, является последовательностью двумерных цифровых изображений. Каждый элемент изображения является функцией рентгенологической плотности объекта исследования в соответствующей точке q (x, y, z), представленной в градациях шкалы серого цвета. Эти изображения сохраняются и передаются в виде серии файлов формата DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Томографические срезы имеют равную толщину и одинаковое количество пикселей на каждый срез. После их упорядочения в диагностическом программном обеспечении (томографическая реконструкция) создается объемный блок, представленный регулярной сеткой вокселей, который характеризуется разной интенсивностью поглощения и отражают структуру объекта исследования в объемном виде. На рисунке 2 приведена серия двумерных снимков пациента, полученных с помощью компьютерной томографии. Для графического представления отдельных анатомических структур в виде виртуальных трехмерных объектов применяют технику объемного (3D) рендеринга. Для этого оператор определяет пороговые значения рентгенологической плотности (например, те, что соответствуют плотности костной ткани).

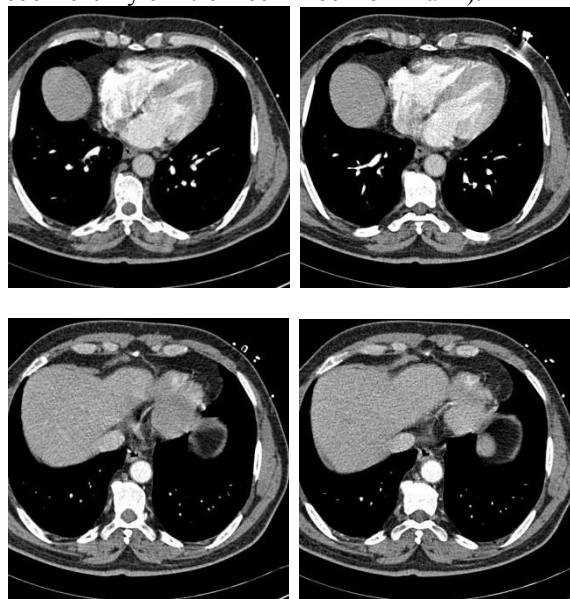


Рис. 2. Серия двумерных снимков сердца пациента, полученных с помощью компьютерной томографии.

После этого проводится построение трехмерной модели, соответствующей заданному диапазону рентгенологической плотности в программном пакете 3D Slicer (распространяется бесплатно). Изменяя пороговые значения рентгенологической плотности и методы графической обработки изображения, можно создать сложные, многокомпонентные модели, состоящие из отдельных элементов, которые соответствуют костям, мышцам, дыхательным путям, сосудам и тому подобное.

Результаты и обсуждения

Проблема совместимости с инженерными программами CAD/CAE решена в программном комплексе 3D Slicer, что позволяет импортировать STL-файлы и хранить или экспортировать модели в форматах, совместимых с большинством программных компонентов автоматизированного проектирования, в частности, для дальнейшего исследования электродинамической активности сердца пациента методом конечных элементов [1].

Создание трехмерной модели сердца пациента. На первом этапе создания 3D-модели сердца по томографическим изображениям в программном продукте 3D Slicer были загружены снимки в формате DICOM. После этого был выбран диапазон оттенков серого цвета, соответствующий плотности сердца, и на основе этих данных была воспроизведена геометрическая модель. На рисунке 3 показано изображение полученной в 3D Slicer индивидуальной реалистичной модели сердца пациента [2].

Качество полученной модели будет определяться качеством входных данных, разрешением томографа, толщиной одного томографического среза, точностью определения границ объекта в процессе сегментации, особенностями обработки модели в программном обеспечении для работы с медицинскими изображениями.

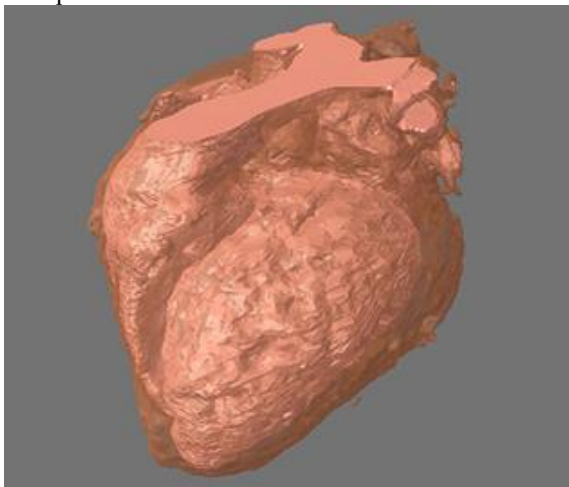


Рис. 3 – Индивидуальная реалистичная модель сердца пациента

Важное значение в процессе создания виртуальных 3D-моделей имеет предварительная

оценка качества томографических изображений, выявление имеющихся артефактов и их устранение в процессе обработки графического изображения. Качество полученной модели будет, таким образом, определяться качеством входных данных, разрешением томографа, толщиной одного томографического среза, точностью определения границ объекта в процессе сегментации, особенностями обработки модели в программном обеспечении для работы с медицинскими изображениями. Хотя компьютерная томография является высокоточным методом медицинского исследования, в ходе ее проведения могут возникать различные артефакты, которые существенно повлияют на качество полученной 3D-модели. Среди основных артефактов выделяют следующие:

- линейные артефакты, возникающие возле объектов, которые поглощают большую часть рентгеновских лучей;
- эффект размытия изображения в зоне острых краев и в зоне резкого перехода от высокой рентгенологической плотности к низкой. Уменьшение этого негативного эффекта возможно благодаря увеличению количества датчиков и уменьшению толщины томографического среза;
- появление одного или нескольких «колец» на изображении, как правило, связанное с механической поломкой детектора;
- «шумовой артефакт» проявляется повышенной зернистостью изображения, связанной с низким соотношением сигнала и шума или недостаточной мощностью рентгеновской трубки;
- артефакты, связанные с движением объекта исследования, проявляются размытостью или появлением линейных искажений. Они минимизируются в сканерах последних поколений за счет уменьшения времени, затраченного на обработку одного среза.
- «ступеньки» на изображении, обусловленные большой толщиной томографического среза и др.

Список использованных источников

1. Sovilj, S., Magjarevic, R., Lovell, N., Dokos, S. Realistic 3D bidomain model of whole heart electrical activity and ECG generation // Computing in Cardiology. – 2013. – Vol. 40. – pp. 377–380
2. V.Y. Kazakov, D.K. Avdeeva, M.G. Grigoriev, N.M. Natalinova, I.V. Maksimov, M.V. Balahonova Electrodynamical model of the heart to detect necrotic areas in a human heart // Biology and Medicine. – 2015. – Vol.7 (5). – pp 1-8
3. D.K. Avdeeva, V.Y. Kazakov, N.M. Natalinova, M.L. Ivanov, M.A. Yuzhakova, N.V. Turushev The simulation results of the high-pass and low-pass filter effect on the quality of micropotential recordings on the electrocardiogram // European Journal of Physical and Health Education. – 2014. – Vol.6. – pp 1-8