

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОЗВОНКА НИЖНЕГО ОТДЕЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

К. С. Курочка, И. Н. Цалко
Факультет автоматизированных и информационных систем,
Гомельский государственный технический университет им П.О. Сухого
Гомель, Республика Беларусь
E-mail: kurochka@gstu.by, tsalko.igor@gmail.com

Представлен алгоритм построения трехмерной модели позвонка по результатам компьютерной томографии, представленных в виде изображений в формате DICOM.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перспективными исследованиями в области биомеханики является использование различных методов математического моделирования. В частности, применение различных математических моделей для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) может оказать неоценимую помощь в прогнозировании течения болезней костей. Построение трехмерной модели позвонка позволяет применить один из наилучших методов решения задач анализа НДС — метод конечных элементов, и провести необходимые исследования.

I. Постановка задачи

Современные томографы способны сохранять результаты обследования в формате, пригодном для хранения на персональных компьютерах. Формат этих файлов стандартизирован, имеет название DICOM и содержит информацию об обследовании, пациенте, враче, характеристики томографа и т.п. В результате обследования позвонка на выходе получается набор DICOM-файлов, содержащих изображения-срезы.

Файлы формата DICOM используются практически во всех типах медицинского оборудования и используют собственный формат хранения данных. В случае компьютерной томографии в файлах хранится двумерная матрица значений рентгеновской плотности. Каждое из этих значений соответствует некоторому участку ткани. Для идентификации типа тканей используется шкала Хаунсфилда, которая описывает значение относительной плотности ткани по сравнению с плотностью воды. Так как практически все ткани содержат воду, то однозначно идентифицировать ткань сложно[1].

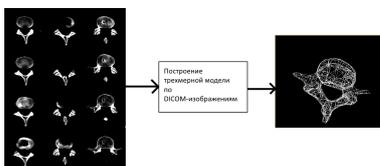


Рис. 1 – Структурная схема постановки задачи

Для дальнейших исследований необходимо сформировать виртуальную физическую модель сегмента позвоночника. Для решения этой задачи авторами предлагается следующий алгоритм:

1. Конвертирование DICOM-файлов в изображения с выделением интересующих областей;
2. Нахождение граничных контуров областей;
3. Дискретизация контуров набором точек;
4. Соединение точек различных слоев между собой с последующим построением трехмерной поверхности.

II. РЕШЕНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ

Для выделения определенных групп тканей используют фильтры, которые преобразуют значения плотностей в пиксели изображения, при этом другие типы тканей зачастую игнорируются[1]. Самым известным способом фильтровать DICOM-изображения является выбор двух числовых значений v_{width} и v_{center} , которые называются «параметрами окна». Эти значения используются для выделения тех плотностей, находящихся в диапазоне $(v_{center} - v_{width} / 2, v_{center} + v_{width} / 2)$.



Рис. 2 – Пример визуализации среза позвонка

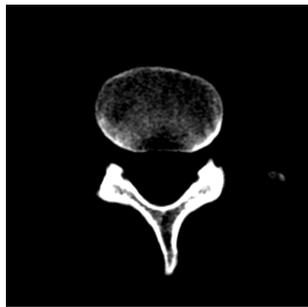


Рис. 3 – Пример визуализации среза позвоночника с выделенной костной тканью

Так как изображения являются монохромными, то к ним можно применить значительный спектр операций обработки изображений. Наиболее часто используемыми операциями для выделения границ являются следующие операторы:

- оператор Собеля (Sobel) [2, с. 825];
- оператор Кэнни (Canny) [3];
- оператор Лапласа (Laplace) [2, с. 827].

Для исследования изображений позвоночника был выбран оператор Лапласа, который показывает наилучшие результаты.

Математически оператор Лапласа представляет сумму квадратов вторых частных производных функции. Дискретный аналог оператора Лапласа используется при обработке изображений, в частности, для определения ребер объектов на изображении. Ребра формируются из множества пикселей, в которых оператор Лапласа принимает нулевые значения, т.к. нули вторых производных функции соответствуют экстремальным перепадам интенсивности.

$$D_{xy}^2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Контуры, после обработки изображения оператором Лапласа, можно увидеть на рисунке 4.

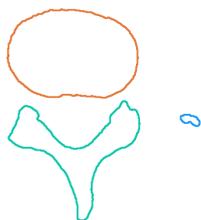


Рис. 4 – Выделенные контуры костной ткани

Так как изображения полученные из DICOM-файлов, являются послойными срезами, полученными в результате процедуры компьютерной томографии, то для построения полноценной трехмерной модели позвонка необходимо соединить все изображения-слои. Одним из способов такого соединения является построение линий соединения между контурами, найденными на изображениях-срезах. Файлы формата

DICOM содержат информацию о положении пациента в пространстве, а также о физических размерах изображений, поэтому извлекая информацию из файлов, можно локализовать положение контуров в пространстве. Так как на каждом изображении-срезе контуры смещены на относительно небольшом расстоянии друг от друга, то для их аппроксимации можно использовать конкретное количество точек, которые будут делить контуры на примерно равные отрезки.

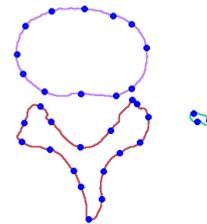


Рис. 5 – Точки контура, аппроксимирующие его форму

Для построения трехмерной поверхности точки контуров, лежащих на различных слоях, пересекающих друг друга при проецировании на плоскость, соединяются так, чтобы расстояние между этими точками на проекции было минимальным. В результате получается полноценная трехмерная поверхность позвонка.

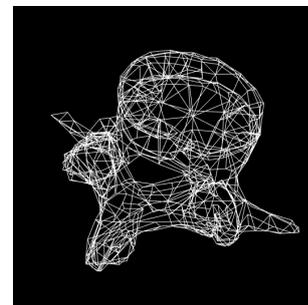


Рис. 6 – «Проволочный» каркас трехмерной поверхности позвонка

III. Выводы

В ходе исследования был разработан алгоритм построения трехмерной модели позвонка по DICOM-изображениям, пригодную для дальнейшего моделирования и исследования напряженно-деформированного состояния, а также было разработано программное обеспечение, реализующее данный алгоритм.

1. Компьютерная томография [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерная_томография. – Дата доступа: 12.08.2015.
2. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Computational Approach to Edge Detection / J. A. Canny. – IEEE, 1986. – 20 с.