

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра математической теории упругости и биомеханики

**Проектирование и частичная реализация системы построения
твёрдых моделей биологических объектов по данным КТ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 442 группы
направления 09.03.03 — Прикладная математика и информатика

механико-математического факультета

Видякиной Ксении Александровны

Научный руководитель
к. ф.-м.н., доцент

Л.В. Бессонов

Зав. кафедрой
д.ф.-м.н., профессор

Л.Ю. Коссович

Саратов 2021

Введение

Технологии $3D$ редрединга и моделирования развиваются активно и соответственно им развиваются методы и алгоритмы. В сфере медицинских технологий работа с трёхмерными объектами важна. Данная тема **актуальна** по причине того, что технический прогресс в любой сфере ведёт в удобству работы и к автоматизации - это позволяет сэкономить время, получить точность расчётов, избежать некоторых ошибок человеческого фактора, обеспечить надёжность работы с пациентом и его данными. С развитием технологий, конечно, выступает и вторая половина - негативная, так как для разных технологий имеются разные форматы, алгоритмы, гибкость связи передачи данных, техническое обслуживание, а также требует знания работы с ним от круга специалистов. Это разнообразие аспектов и начинает **первую главу** работы, где ожидается краткое знакомство с технологическими устройствами и форматами, которые понадобятся при получении результативных моделей. Это нужно по причине разнообразного медицинского ПО, огромного количества функций, форматов и библиотек. Тем самым, ознакомившись с технической частью с самого начала понятно с чем производится работа.

Во **второй главе**, показано, что существуют методы сегментации, а также методы работы с трёхмерными объектами. Здесь выделены наиболее основные методы, которые часто используются в различных ПО, однако, если целью работы обозначить изучение самих методов, то можно столкнуться с проблемой: существует огромное количество различных методов, которые усовершенствованы, смешаны или изменены под конкретные цели, поэтому данный раздел содержит лишь основные методы сегментации. Методы, которые работают с $3D$ объектами, содержатся только те, которые непосредственно применяются уже в практической части к нашей модели. Это нужно для понимания работы применяемой деформации к объекту и умением задавать верный коэффициент изменения, а также при написании кода.

Третья глава предположительно содержит самую важную часть - практическую работу. В работе представлена исходная модель, применяемые к ней методы и соответственно сравнение полученных моделей с основной. Важно проанализировать полученные данные и увидеть сильные и слабые стороны методов, а также их использование в жизни.

В первой главе указано ПО и форматы, которые использованы в течении работы, например, «Digital Imaging and Communication in Medicine» - стандарт для хранения, обработки, создания и визуализации цифровых медицинских изображений, который имеет два уровня: файловый, содержащий в себе кадры изображений и приложенные к ним информационные данные, или сетевой со стандартной моделью ISO/OSI и с сетевым протоколом TCP/IP для передачи DICOM данных. Данный формат сочетает в себе связь с большим количеством медицинского оборудования: между диагностическим и терапевтическим оборудованием: КТ и МРТ, рабочие станции и архивы, микроскопы и УЗИ-сканеры, а также поддерживает различные типы модальности такие как: компьютерная рентгенография и томография, магнитно-резонансная и позитронно-эмиссионная томография, эндоскопия, внутрисосудистый ультразвук, микроскопия, наружная и офтальмологическая фотография, термография, маммография, и др. Технология поддержки стандарта DICOM, разработанная в программном обеспечении, основана на объектно-ориентированном подходе, который об разует словарь данных с поиском по тегам, чисел значений, типу данных и других аспектов, а также подразделяется на сервисные классы с задачами для поиска, хранения, согласования, передачи над IOD. Стандарт имеет возможность передачи данных по LAN, реализовано под ПО Windows, работает с архивами, разделяя на краткосрочный, кластерный и долгосрочный уровень. Также использован формат *stl* - это формат для хранения 3D моделей, а именно, он сохраняет информацию о треугольниках или гранях.

Специализированное ПО Materialise Mimics - комплексное программное обеспечение для анатомической реставрации моделирования с основной функцией преобразования 2D изображений в 3D объект. Совмещена с многими видами медицинского оборудования и работает с форматами данных МРТ, КТ, УЗИ, КЛКТ и РГФ. Встроенный модуль проектирования и разработки позволяет с высокой точностью совершать геометрическое моделирование на основе имеющихся данных.

Python - объектно-ориентированный язык программирования. Он имеет огромное количество библиотек, что позволяет использовать в разных направлениях и в нашей работе на нём строится код для практической части.

Описаны библиотеки, которые требовались для использования, и их составляющие.

Во **второй главе** рассказаны и объяснены основы сегментации и реконструкции с трёхмерными объектами. Для **сегментации биологических объектов** за время истории было составлено множество подходов, а также их усовершенствование по причине различности работ с биологическими объектами.

Существует метод, который основывается на работе с пикселями – региональный метод. Он подразделяется на пороговое значение и локальное пороговое значение, учитывая что большинство методов в сегментации построены на свойствах границ и областей. Для исполнения метода используются разнообразные статистические методы, например среднее значение, стандартное отклонение, среднее и стандартное отклонение вместе, а также среднее значение максимума и минимума.

Классический метод - основывается на обучение поиска образов, по предоставленным паттернам. Обучающие паттерны содержат выборку объектов, которые сначала сегментируют вручную, а потом предоставляются автоматическому процессу. Он использует в себе метод k-ближайших соседей и подход максимального правдоподобия.

Алгоритм кластеризации - пытается обобщить анализируемые данные и представить их рассортированными по основным признакам, и при этом не требует обучающих данных. Минусом данного метода является как и у классифицирующих алгоритмов - не учитывание пространственной информации, также последствием является чувствительность к шуму и интенсивность в однородностях. Использует подход k-средних значений и c-минимальных средних значений, а также метод математического ожидания.

Основным и самым известным является метод маршрутирующих квадратов. Входными данными является квадратная сетка с четырьмя вершинами, каждая из которых имеет один из знаков "+" или "-" что представляет собой внешние и внутренние данные объекта. Изначально на сетке определяются вершины 1 или 0, то что выше и ниже заданного порога, далее по часовой стрелке в квадрате применяется алгоритм прохождения, начиная со старшего бита в верхнем левом углу до младшего бита в нижнем левом углу,

добавляющий бит к индексу, используя условие "побитовое или" и "левый сдвиг составляя изначально 4 бита в углах ячейки. Опираясь на таблицу поиска, применяется линейная интерполяция к исходным значениям поля, которая строит точную прямую по уже имеющимся вершинам и определяет тем самым контур.

Метод реконструирования изображений. Существует много методов реконструкции, например, метод бросания лучей Фаррелла, такой же метод использовали Хон и Майо. Также существует метод "Cuberille" Геринга Германа, рассечение пространства на равные кубовидные воксели при помощи ортогональных наборов параллельных плоскостей[8]. Метод марширующих кубов похож на метод марширующих квадратов. Построение состоит из нескольких слайсов - 2D снимков, полученных от компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии для распознавания анатомических процессов. Полученные данные обрабатываются алгоритмами и формируют структуру, на которую применяются алгоритмы для реконструкции объекта. Алгоритм находит 2 обязательные вещи: поверхности и нормали к поверхности в каждой вершине каждого треугольника, основываясь на заданных данных. Алгоритм проходит по кубам и присваивает значение единицы или нуля в зависимости от поверхности куба, внутренние точки куба - нули, могут определить топологию куба. Пересечение куба имеет 256 случаев, но симметричность сокращает до 14 случаев, а создавая индекс каждого конкретного случая и опираясь на состояние вершины, получаем объёмный куб.

Прочие воздействия с моделью показаны в **третьей главе**, к примеру, децимация. Понимание функций позволяет понять, как действуют изменения на трёхмерную модель.

В **третьей главе** для создания объёмной модели позвоночника использовано 1188 сагитальных срезов позвоночника, которые при загрузке образуют объёмную модель. При первом построении объёмной модели выбирая определённую плотность объекта, получаем результат как на рисунке 1. При обработке по порогу плотности и ручного корректирования в фильтре маски, исключаем из модели рёбра, череп, биологические артефакты и получаем на-

чальную модель для работы в дальнейшем исследовании, изображённую на рисунке 2.

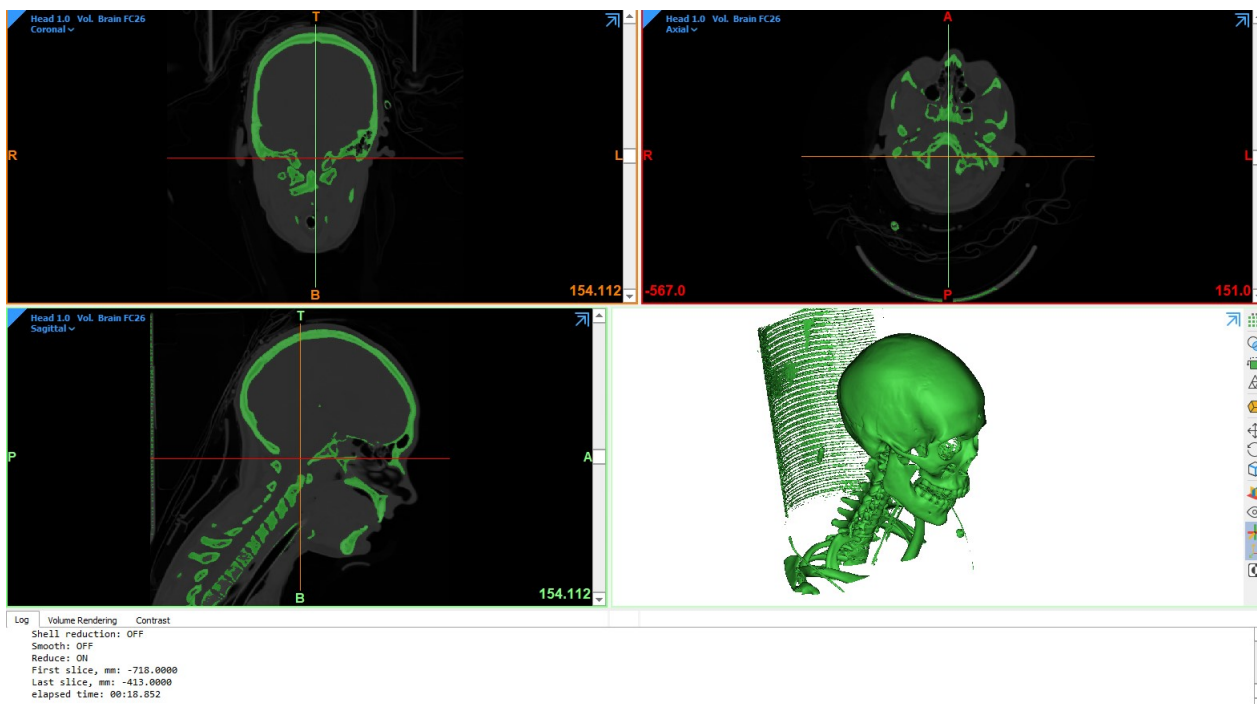


Рисунок 1 — Построение биологического объекта «Позвоночник»

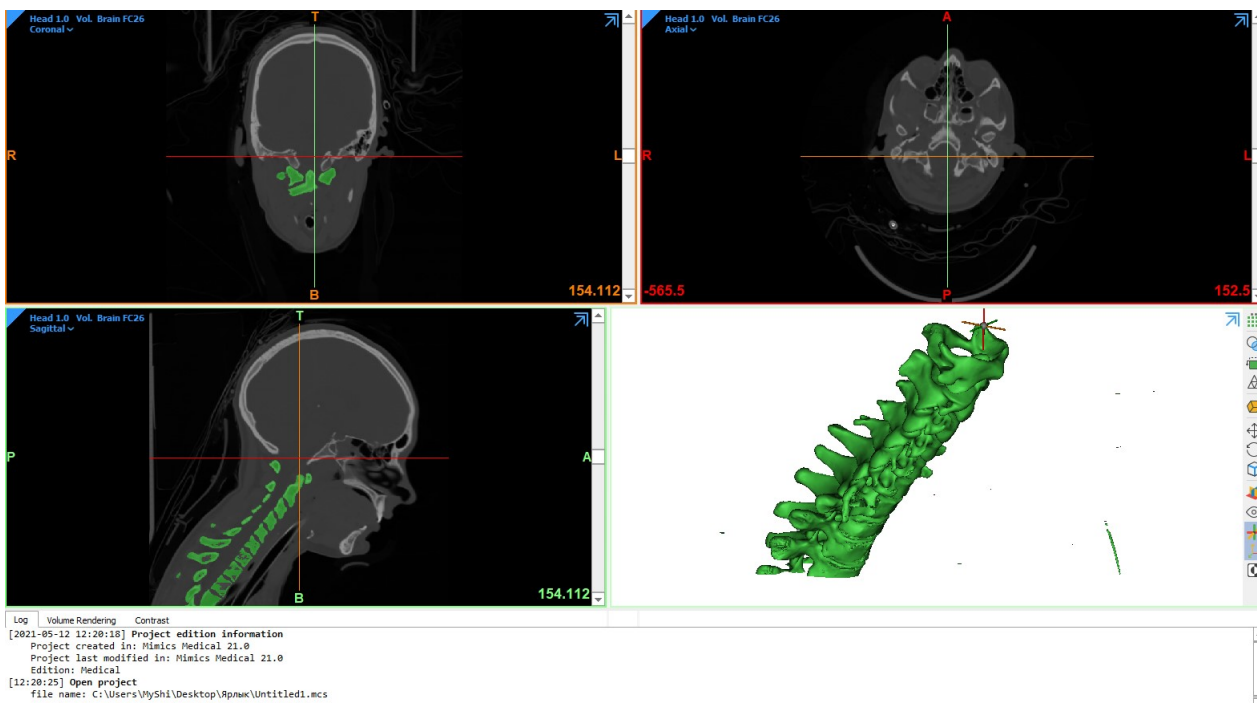


Рисунок 2 — Построение биологического объекта «Позвоночник» с ручной обработкой

При совершении изменений с моделью обязательно прикладывается код, описанный на языке Python с использованием библиотеки vtk, а также визуальное отображение полученных изменений в модели.

Заключение

На просторах сети интернета статей и работ разных университетов по всему миру можно обнаружить: большое количество разработок и усовершенствований алгоритмов при работе с печенью, легкими, сердцем, кровеносной системой, работ по связи с различным ПО и совершенствование их систем и функционала. Эта работа - только крупится огромной темы, потому что разнообразие технических устройств, мышечных тканей, индивидуальностей тела человека, заболеваний и методов лечения, даёт возможность изучать огромное количество тонкостей, от работы с сегментацией печени при различных заболеваниях, до просмотра корректности работы наших сосудов или мочевыделительной систем с применением контрастного вещества. Также используется при планирование хирургических операций, при подборе уникальных имплантов и эндопротезов. Однако данное исследование имеет цели:

- Изучить область работы связанной с визуализацией биологических объектов - Это позволит понять возможности медицинских технологий в данном тематике.
- Понять принципы работы с сегментированием и построением моделей.
- Ознакомиться с системами для работы с трёхмерными объектами - широта инструментария, а также его удобство позволит достиг более точных результатов работы.
- Построить трёхмерный объект.
- Произвести реконструкцию трёхмерного объекта на основе изученных методов построения моделей.
- Сравнить полученные трёхмерные объекты модели "Позвоночник" и сделать вывод.

Результатом является разность сконструированных моделей и их определение более корректных коэффициентов в различных подходах реконструкции модели.

Список использованных источников

- 1 Новожилов, М.М. Реконструкция поверхности по точкам контуров в ортогональных сечениях томограммы / М.М. Новожилов, М.В. Дубровская/ Обработка и анализ биомедицинских изображений [Электронный ресурс].URL:<https://www.graphicon.ru/html/2018/papers/289-291.pdf> (дата обращения 12.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Рус.
- 2 Norouzi A. Medical Image Segmentation Methods, Algorithms, and Applications / Alireza Norouzi, Mohd Shafry Mohd Rahim, Ayman Altameem, Tanzila Saba, Abdolvahab Ehsan Rad, Amjad Rehman & Mueen Uddin [Электронный ресурс].URL:https://www.researchgate.net/publication/263608069_Medical_Image_Segmentation_Methods_Algorithms_and_Applications (дата обращения 18.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Рус.
- 3 Contour-Based Surface Reconstruction using Implicit Curve Fitting, and Distance Field Filtering and Interpolation / Jeffrey Marker, Puya Braude, Ken Museth David Breen / Volume Graphics [Электронный ресурс].URL:https://www.researchgate.net/publication/249927461_Contour-Based_Surface_Reconstruction_using_Implicit_Curve_Fitting_and_Distance_Field_Filtering_and_Interpolation (дата обращения 20.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Рус.
- 4 Ohtake Y. Multi-level Partition of Unity implicits / Y. Ohtake, A. Belyaev, M. Alexa, G. Turk, H.-P. Seidel [Электронный ресурс].URL:https://www.cc.gatech.edu/turk/my_papers/mpu_implicits.pdf (дата обращения 24.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Рус.
- 5 Русакович, Н.А. Реализация метода марширующих квадратов на языке C / Н.А. Русакович, А.Ю. Демин [Электронный ресурс].URL:http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/33264/1/conference_tpu-2016-C28_p168-170.pdf (дата обращения 20.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Рус.
- 6 Создание разрушаемых мешей [Электронный ресурс].URL:<https://habr.com/ru/post/358658/> (дата обращения 18.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Рус.

- 7 Википедия Marching squares [Электронный ресурс].URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Marching_squares (дата обращения 26.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Рус.
- 8 William E. Марширующие кубы: алгоритм для построения 3D поверхностей высокого разрешения / William E. Lorensen, Harvey E. Cline [Электронный ресурс].URL:http://masters.donntu.org/2016/fknt/safonov/library/marching_cubes.htm (дата обращения 26.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Рус
- 9 Materialise Mimics [Электронный ресурс].URL:<https://3d-m.ru/programmnoe-obespechenie-materialise-mimics/?text=Materialise>(дата обращения 26.03.2021) Последнее изменение: 13 мая 2018 год в 18:12. Загл. с экрана. Яз. Рус.