

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра математической теории упругости и биомеханики

**Автоматизация задачи распознавания и моделирования биологических
объектов на материалах компьютерной томографии**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 442 группы

направления 09.03.03 «Прикладная информатика (прикладной бакалавриат)»

механико-математического факультета

Нестерова Сергея Юрьевича

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

подпись, дата

Л.В. Бессонов

Зав. кафедрой
д.ф.-м.н., профессор

подпись, дата

Л.Ю. Коссович

Введение

Бакалаврская посвящена исследованиям в области автоматизации распознавания и моделирования биологических объектов.

В последние годы происходит широкая популяризация высоких технологий в медицине и одним из разделов модернизации лучевой диагностики который нуждается в модернизации – это обработка изображений и постановка диагноза. Касательно КТ – это функциональные методы исследований, виртуальная реальность, двухэнергетическая КТ, использование плоскопанельных детекторов, гибридные технологии. Одним из актуальных направлений развития компьютерных технологий в медицине становится обработка цифровых изображений, как, например, компьютерное зрение и машинное обучение которое находит своё применение во многих сферах деятельности человека и из всех возможных областей применения технологий машинного обучения на медицину смотрят с особым вниманием и надеждой

Безусловно, когда идет речь о здоровье человека, важен принцип «не навреди», который должен сопровождаться жесткостью нормативно-правового поля и тщательной доказательной базой при внедрении новых технологий, а компьютерная томография является одним из информативных методов неинвазивной диагностики, позволяющим проводить исследования широкого спектра объектов (как биологических, так и промышленных) с различным химическим составом и возможностью построения трехмерных моделей по полученным данным.

Целью работы является реализация приложения задачей которого является распознавание и моделирование биологических объектов на данных компьютерной томографии.

Для достижения поставленной цели будут решаться следующие задачи:

1. Изучение основных понятий и устройства компьютерного томографа
2. Анализ и выбор существующих средств для разработки
3. Проектирование приложения
4. Реализация приложения

Структура и объем работы. Бакалаврская часть состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованных источников, включающего 27 наименований. Работа изложена на 40 листах машинописного текста без приложений, содержит 10 рисунков.

Основное содержание работы. В введении описывается актуальность поставленной задачи, объект и предмет исследования, а также сформулирована цель работы и задачи.

Первая глава состоит из трех разделов. В ней рассмотрены основные понятия, возможности и сферы использования технологии распознавания и моделирования в области лучевой диагностики.

Компьютерная томография - метод неразрушающего послойного исследования внутреннего строения предмета, основан на измерении и сложной компьютерной обработке разности ослабления рентгеновского излучения различными по плотности тканями. Метод был описан Годфри Хаунсфилдом и Алланом Кормаком в 1972 году и уже в 1979-м они стали обладателями Нобелевской премии в области физиологии и медицины. Хотя самый первый компьютерный томограф сканировал только голову, его огромный потенциал был сразу понятен [1].

Принцип работы в общих чертах состоит в следующем. Аналоговые данные, улавливаемые сканером, трансформируются в цифровом режиме с помощью различных алгоритмов в реконструированные изображения, являющиеся поперечными срезами организма пациента на этом уровне. Каждое изображение генерируется под несколько иным углом и с использованием иного алгоритма реконструкции. Каждый из элементов с индивидуальным объемом, формирующих изображение, воспроизводится в виде двумерного пикселя, каждому из которых соответствует определенная плотность или ослабление, которое определяется тем, насколько ослабляется луч, проходя через данный воксель, выраженные в единицах Хаунсфилда (HU) [2][3].

На мониторе компьютера шкала Хаунсфилда отображается в виде спектра, состоящего из черно-белых изображений. Программы-просмотрщики

КТ-изображений всегда имеют возможность вычислить среднюю плотность выделенной области, ведь отличить разницу в 10–15 НУ, даже профессиональному врачу очень тяжело, но разница эта может быть значима, например, для диагностики жирового гепатоза, степени накопления новообразованием контраста и т.д. [4].

Одна из проблем, что обычные компьютерные мониторы улавливают серый цвет, состоящий из 256 оттенков, а необходимо показать еще 1024. При неспособности мониторов показывать полный черно-белый спектр изображений, создали специальную программу перерасчета серого градиента в нужном интервале. Изображение в виде черно-белого спектра называется окном показателей денситометрии. Если его используют в широком интервале — видна консистенция структур в изучаемом диапазоне, но отличить органы, похожие по своей плотности невозможно. Задав окну параметры центра и ширины, сосредоточив его на нужном участке (окно легкого, мягких тканей) — теряются сведения о составе структур, выходящих за черту диапазона. Но в окне хорошо определяются ткани, одинаковые по твердости. Чем больше изменяется центр и длина окна, тем сильнее становится контрастность изображения и яркость [5][6].

Кроме этого, современные КТ-сканеры позволяют осуществлять более сложную обработку изображений, такую как трехмерную реконструкцию. Отличием 3D-изображений от 2D является не только появление третьего измерения – глубины – но и возможность осмотреть 3D-модель со всех сторон либо заглянуть внутрь нее, или в зависимости от ПО можно задавать физические свойства, которые для эмуляции, например, реагирования настоящей кости на указанную нагрузку. Для описания процесса получения и визуализации трехмерных объектов в компьютерной графике и медицине применяют термин «трехмерный рендеринг» (от англ. rendering – представление, изображение, передача).

3D-рендеринг использует специальные компьютерные алгоритмы для трансформации 2D-изображений в реалистичное объемное представление

объекта – его виртуальную модель. В этом отношении КТ-визуализация не отстает от современных компьютерных технологий виртуальной реальности.

Также важен вопрос сетевых технологий. Обычные компьютерные сетевые технологии не обладали возможностями подключения различного медицинского оборудования, и в связи с широким спектром используемого медицинского оборудования различных производителей, возникла необходимость в новых коммуникационных возможностях.

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) — медицинский отраслевой стандарт создания, хранения, передачи и визуализации цифровых медицинских изображений и документов обследованных пациентов. Был разработан Американской коллегией радиологии и Национальной ассоциацией производителей электронного оборудования (ACR/NEMA). Все современные медицинские системы визуализации, такие как рентгеновские лучи, ультразвук, компьютерная томография и магнитно-резонансная томография, поддерживают DICOM и широко его используют. Кроме того, формат DICOM обеспечивает связь между медицинскими устройствами.

Все приложения для медицинской визуализации, подключенные к больничной сети, используют протокол DICOM для обмена информацией, в основном, изображениями DICOM, а также информацией о пациенте и процедуре. Сетевой протокол DICOM используется для поиска исследований изображений в архиве и восстановления исследований изображений на рабочей станции для их отображения. Существуют также более продвинутые сетевые команды, которые используются для контроля и наблюдения за лечением, планирования процедур, составления отчетов о статусах и распределения рабочей нагрузки между врачами и устройствами обработки изображений [7].

Одним из актуальных направлений развития компьютерных технологий в медицине становится обработка цифровых изображений. Распознавание образов, помимо того, что имеет огромное практическое значение, также еще представляет одну из наиболее фундаментальных проблем теории интеллектуальных систем.

Одним из актуальных направлений развития компьютерных технологий в медицине становится обработка цифровых изображений. Распознавание образов, помимо того, что имеет огромное практическое значение, также еще представляет одну из наиболее фундаментальных проблем теории интеллектуальных систем.

Задача распознавания образов — это задача описания и классификации (узнавания, диагностики) объектов того или иного вида, это задача выработки понятия о классе объектов.

Типовые постановки задач классификации:

1. Задача идентификации, заключается в том, чтобы выделить определенный конкретный объект среди ему подобных (например, узнать среди других людей конкретного человека);

2. Отнесения объекта к тому или иному классу. Это может быть, например, задача распознавания букв или принятия решения о наличии дефекта в некоторой технической детали. Отнесения объекта к определенному классу отражает наиболее типичную проблему классификации, и, когда говорят о распознавании образов, чаще всего подразумевают именно эту проблему. Именно она рассматривается в первую очередь;

3. Кластерный анализ, заключающийся в разделении заданного набора объектов на классы - группы объектов, схожи между собой по тем или иным признакам. Эту задачу часто называют классификацией без учителя, поскольку, в отличие от задачи 2, классы заранее не заданы [8].

Медицинская практика не стала исключением. Самая типичная ситуация состоит в том, что те или иные заболевания диагностируются на основе анализа кардиограмм, рентгеновских снимков и т.п. Математические методы и машинное обучение в будущем помогут значительно упростить и ускорить диагностику заболеваний, особенно на ранних стадиях. Диагнозы будут точнее, они будут устанавливаться в более короткие сроки, а значит, шансов сохранить здоровье и жизнь будет больше. Компьютерный анализ медицинских изображений применим буквально во всех областях — от офтальмологии до

КТ. С помощью анализа биомедицинских изображений можно исследовать что угодно — от проверки нарушения целостности кости до полного их 3D-моделирования. Хотя в медицине наиболее приоритетным и считается направление лучевой диагностики мозга, сложно выделить какую-то одну область для исследования, где работа велась бы наиболее активно.

Вторая глава состоит из двух разделов в которых были рассмотрены способы распознавания и моделирования биологических объектов.

Для того чтобы смоделировать или визуализировать биологические объекты нужно облако точек, по которым уже строится модель. Поэтому задачу по моделированию можно разделить на 2 части, непосредственно выделения объектов на изображении, чтобы получить облако точек и собственно само построение по облаку.

Для того чтобы улучшить работу систем анализа и обработки медицинских изображений, необходим метод, обеспечивающий автоматизированный выбор преобразования изображения. Обработка и анализ изображений состоит из следующих этапов:

1. фильтрация;
2. предварительная обработка;
3. сегментация;
4. распознавание;
5. диагностика.

Фильтрация и предварительная обработка очень важны, потому что от их результатов зависит эффективность следующих этапов. Этап фильтрации нужен для уменьшения помех на изображении. Существуют несколько типов фильтров, но самым популярным фильтром в цифровой обработке является линейная фильтрация.

При предварительной обработке, методы достаточно разнообразны и напрямую зависят от поставленных задач. В них возможно включить выделение наиболее информативных фрагментов, их увеличение, цветокорректирование, изменение пространственного разрешения, изменение

контрастного разрешения и т.п. Одно из основных действий, которое проводится на этапе предварительной обработки, это изменение контрастности и яркости изображения.

Сегментация медицинских изображений - конечный результат анализа изображений, который во многом определяется качеством сегментации, а степень детализации выделяемых характеристик зависит от поставленной задачи. Сегментация предназначена для выделения на изображениях областей с определёнными свойствами. Результатом сегментации является бинарное или иерархическое изображение, в котором каждый уровень изображения соответствует конкретному классу выделенных объектов. Для того чтобы выделить признаки исследуемого объекта, сопоставить их с данными из библиотеки и сделать вывод о вероятности наличия аномалии, нужно сначала выделить объект из множества, присутствующих на конкретном изображении. В большинстве случаев на исследуемом изображении есть шумы, искажения, текстурные области, схожие с областями, принадлежащими исследуемому объекту, поэтому алгоритмы контурирования и сегментирования играют значительную роль в процедуре автоматизированной обработки.

Одним из лучших алгоритмов выделения границ считается оператор Собеля, который часто применяется как один из этапов более сложных и точных алгоритмов, как, например, оператор Канни. Это дискретный дифференциальный оператор, вычисляющий приближенное значение градиента яркости изображения. Результатом применения оператора Собеля в каждой точке изображения является либо вектор градиента яркости в этой точке, либо его норма. Результат показывает, насколько «быстро» или «плавно» меняется яркость изображения в каждой точке, а значит, вероятность нахождения точки на грани, а также ориентацию границы.

В решении задачи сегментации с использованием реальных снимков, моделирование мало применимо, большее значение имеют практический опыт и экспертные суждения о результатах обработки изображений. Одним часто реализуемым программно методом является Canny. Практически, это набор

последовательно применяемых алгоритмов. Такой подход достаточно устойчив к шуму и дает, как правило, более лучшие результаты по сравнению с другими методами. Но так как это лишь набор алгоритмов, то и быстродействие данного метода уступает более простым операторам.

Медицинское изображение после применения оператора Собеля по гранту РФФИ исследований демонстрируют преимущество предложенного подхода к прогнозированию течения метастатического поражения скелета, регистрации динамических изменений данного органа, интеграционного анализа результатов комплексного исследования онкологических больных [9].

Но в зависимости от задачи в медицине может вырваться и метод, например, в случае выделения костей это может не потребоваться, потому что они кости при лучевой диагностике самые яркие на изображении.

Далее после облака точек, необходима система для визуализирования получившихся данных. Это может быть встроенные в конкретный язык библиотеки или самостоятельное API.

Для моделирования был выбран алгоритм Marching Cubes. Это алгоритм рендеринга изоповерхностей в объемных данных. Основная идея заключается в том, что есть возможность определить воксель (куб) по значениям пикселей в восьми углах куба. Если один или несколько пикселей куба имеют значения, меньшие, чем указанное пользователем значение, и один или несколько пикселей имеют значения, превышающие это значение, то можно полагать, что воксель должен вносить некоторый компонент изоповерхности. Определив, какие ребра куба пересекаются с изоповерхностью, можно создать треугольники, которые делят куб между областями внутри изоповерхности и областями снаружи. Соединяя участки всех кубов на границе изоповерхности, получается представление поверхности [10].

Третья глава состоит из одного раздела. В ней была реализована программа для распознавания и моделирования биологических объектов.

Для доступа к файлам DICOM предусмотрен синтаксический анализатор. После анализа все файлы добавляются в дерево экземпляров. Группировка

основана на «Имя / Тип / Исследование / Серия». Есть возможность открыть 2D-представление всей серии изображений или открыть трехмерное представление поверхности всей серии изображений CT.

Для доступа к метаданной DICOM каждого файла DICOM предусмотрен синтаксический анализатор DICOM.

DICOM поддерживает множество различных правил кодирования (синтаксис передачи DICOM) и определяет множество синтаксисов передачи, которые используют сжатие. Однако во всех случаях сжатие применяется только к одному атрибуту DICOM: атрибуту данных пикселей (7FE0,0010).

Чтобы построить дерево экземпляров, достаточно получить доступ только к информации метаданных каждого файла DICOM.

В случае, если экземпляр имеет тип CT Image и данные пикселей преобразуются в растровое изображение.

Серия изображений CT может рассматриваться как трехмерное скалярное поле значений Хаунсфилда. Класс VolumeViewer реализует алгоритм Marching Cubes. Полигонизация скалярного поля от Пола Бурка.

В данном классе `void MakePolygon (GridCell grid, double userValue, ref List<Triangle> triangleList)`. Учитывая ячейку сетки и уровень изоляции, вычисляем треугольные грани, необходимые для представления изоповерхности через ячейку. Возвращаем количество треугольных граней, массив «треугольники» будет загружен с не более 5 треугольных граней. 0 будет возвращено, если ячейка сетки будет либо полностью выше, либо полностью ниже уровня изоляции.

Чтобы запустить программу, нужно выбрать «File» > «Load», и указать путь к папке с файлом DICOM. Файлы должны быть типа *.dcm.

Заключение. В работе рассмотрены основные понятия и приемы, используемые в задачах распознавания и моделирования биологических объектов в медицине на основе данных компьютерной томографии, и т.к. в настоящее время рентгеновская компьютерная томография является основным томографическим методом исследования внутренних органов человека с

использованием рентгеновского излучения, также есть еще очень много менее известных, но не менее полезных алгоритмов, а новые проекты появляются практически каждый год т.к. в области анализа медицинских изображений большой простор для исследований. Бурное развитие этих технологий помогает постепенно улучшать точность разрабатываемых систем для анализа медицинских изображений, которые возможно вскоре будут применяться повсеместно. А это, несомненно, повысит уровень здоровья населения.

Также было создано решение для автоматического распознавания и моделирования биологических объектов, тем самым была произведена попытка оптимизировать решение одной из сложных задач в медицине. Результаты получены с использованием реальных данных, а значит на них можно опираться в настоящей медицинской деятельности.

Список использованных источников

- 1 Энциклопедия Википедия: Компьютерная томография: сайт - [Электронный ресурс] – режим доступа. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерная_томография (Дата обращения: 23.03.19).
- 2 Всемирная организация здравоохранения: Диагностическая визуализация – компьютерная томография: сайт - [Электронный ресурс] – режим доступа. URL: http://whogis.com/diagnostic_imaging/imaging_modalities/dim_comptomography/ru/ (Дата обращения: 23.03.19).
- 3 Cormack, A. Two-dimensional reconstruction and recent topics stemming from it / A. Cormack. - Nobel Lectures in Physiology or Medicine 1971–1980. – World Scientific Publishing Co., 1992. – 563 с.
- 4 Дороничева, А. В. Методы распознавания медицинских изображений для задач компьютерной автоматизированной диагностики / А.В. Дороничева, С.З. Савин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – С. 1-8; URL: <https://docplayer.ru/27727875-Metody-raspoznavaniya->

- medicinskih-izobrazheniy-dlya-zadach-kompyuternoy-avtomatizirovannoy-diagnostiki.html (Дата обращения: 24.03.19).
- 5 Medach: Основы компьютерной томографии: сайт - [Электронный ресурс] – режим доступа. URL: <https://medach.pro/post/1348> (Дата обращения: 24.03.19).
 - 6 МБ-медикал: Единицы Хаунсфилда для камней почек: сайт - [Электронный ресурс] – режим доступа.] URL: <https://mbmedicall.com/kamni-v-pochkah/edinitiy-haunsfilda-dlya-kamney-pochek/> (Дата обращения: 26.03.19).
 - 7 Энциклопедия Википедия: формат DICOM: сайт - [Электронный ресурс] – режим доступа. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DICOM> (Дата обращения: 24.03.19).
 - 8 Языки программирования: Задача распознавания образов: сайт - [Электронный ресурс] – режим доступа. URL: https://life-prog.ru/view_zam2.php?id=269&cat=4&page=9 (Дата обращения: 25.03.19).
 - 9 Yokoyama, S. Prediction computer program for whole body temperatures and its application under various working level and thermal environmental condition combinations / S. Yokoyama, M. Tao, N. Kakuta // Industrial Health. – 2007. №45. – С: 118–124; (Дата обращения: 26.03.19).
 - 10 Paul Bourke - Personal Pages: Polygonising a scalar field: сайт - [Электронный ресурс] – режим доступа. URL: <http://paulbourke.net/geometry/polygonise/> (Дата обращения: 26.03.19).