

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Турлапова Вадима Евгеньевича
на диссертационную работу Юровой Александры Сергеевны
«Методы автоматизированной сегментации КТ-изображений брюшной полости»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ»

Диссертационная работа А.С. Юровой «Методы автоматизированной сегментации КТ-изображений брюшной полости» посвящена разработке подходов к автоматизации процесса сегментации изображений компьютерной томографии брюшной полости. В работе проведено всестороннее содержательное исследование особенностей изображений, получаемых методом компьютерной томографии. Выявленные особенности лежат в основе разработанного подхода, главная идея которого состоит в детектировании на КТ-изображениях областей с выраженной отчетливой текстурой.

Актуальность работы. Процесс сегментации изображений является ключевым этапом при решении большого количества задач, требующих использования пациент-ориентированных анатомических моделей. Такие задачи возникают как в клинической практике, так и в задачах математического моделирования процессов, происходящих в человеческом организме. В настоящее время существует большое количество программ, позволяющих сегментировать различные изображения в ручном или в незначительной степени автоматизированном режиме. Однако, их применение для ручной сегментации органов брюшной полости требует огромных временных затрат квалифицированного специалиста, которое несовместимо с клинической практикой. Предложенный и системно реализованный в диссертационной работе метод позволяет значительно автоматизировать процесс построения моделей органов брюшной полости, а значит, и использовать пациент-ориентированные модели в реальной практике здравоохранения.

Научная новизна. Предложенный в диссертационной работе метод является новым. В частности, новыми являются сформулированные ограничения на входные данные, обеспечивающие необходимую контрастность и однородность изображений определённых анатомических структур на КТ-изображениях. Разработанный метод сегментации является устойчивым к индивидуальным анатомическим особенностям, а также индивидуальным различиям в интенсивностях анатомических структур у различных пациентов. Кроме того, используемый подход детектирования однородных

областей изображения позволяет применять предложенный метод для построения анатомических моделей нескольких органов. В работе предложена новая методика качественной оценки сегментации.

Содержание работы. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и изложена на 159 страницах. Список литературы включает 110 наименований.

Во введении обоснована актуальность проведённого в рамках диссертационной работы исследования, сформулированы её цели и задачи, описана структура диссертации.

В первой главе кратко рассмотрена история развития геометрических моделей тела человека, приведена их классификация. Даны определения основных понятий, приведена формальная постановка задачи. Кроме того, проведён представительный обзор и анализ известных методов сегментации.

Во второй главе описываются разработанные в ходе диссертационной работы методы сегментации – метод, основанный на преобразованиях готовых воксельных моделей («базовых моделей») по данным пациента, и метод, использующий воксельную кластеризацию.

Третья глава посвящена описанию метода сегментации, основанного на анализе текстуры КТ-изображений. Сначала рассмотрены типы контрастного усиления, используемые при проведении компьютерной томографии, и важные особенности отображения органов брюшной полости на снимках компьютерной томографии. С учётом этих особенностей введены ограничения на входные данные. Приведён краткий обзор методов текстурного анализа. На основе статистического подхода к анализу текстур двумерных изображений разработан и реализован метод для численного описания текстурных особенностей трёхмерных медицинских изображений, и экспериментально исследована возможность его применения для сегментации КТ-изображений брюшной полости. Описан разработанный метод сегментации органов брюшной полости с текстурой. Приведены результаты ускорения расчётов значений текстурных признаков с использованием графического процессора. Результаты сегментации анонимизированных КТ-данных реальных пациентов, полученные в результате качественной и количественной оценки работы метода, подтверждают корректность его работы.

В четвёртой главе приведено описание разработанной по известной методике программной реализации моделирования ЭКГ, использующей персонифицированную модель туловища пациента. В ходе численных экспериментов было исследовано влияние наличия некоторых органов брюшной полости в модели туловища на корректность моделирования ЭКГ. Все результаты совпадают с референтными.

Пятая глава посвящена описанию комплексов программ, реализующих предложенный метод.

В заключении сформулированы результаты работы.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов диссертационной работы не вызывает сомнений. Предложенный автором подход теоретически обоснован сведениями из радиологии и анатомии, а также строго доказанным математическим утверждением. Корректность работы метода подтверждена его качественной и количественной валидацией на реальных данных. Результаты исследования представлены в рецензируемых изданиях, в том числе, входящих в список ВАК, докладывались на российских и международных научных конференциях.

Практическая и научная ценность результатов работы заключается в

- 1) разработке и обосновании корректности метода сегментации КТ-изображений брюшной полости, основанного на анализе текстуры КТ-изображений;
- 2) программной реализации предложенного метода сегментации, которая может быть использована для решения прикладных задач биоматематики;
- 3) построении базы корректно просегментированных КТ-изображений брюшной полости, которая может быть использована для дальнейших исследований;
- 4) программной реализации прямого персонифицированного ЭКГ, которая может быть использована при решении задач электрофизиологии;

Соответствие содержания диссертации специальности. Содержание и результаты работы полностью соответствуют паспорту специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, поскольку основными результатами работы являются: вычислительные алгоритмы для анализа текстуры КТ-изображений, прямое моделирование ЭКГ, а так же программная реализация предложенных вычислительных алгоритмов в виде комплекса программ.

Замечания по работе. Представленная на отзыв работа не свободна от некоторых недостатков. В частности,

- 1) Используемый в предложенном методе фильтр для сглаживания входных изображений требует больших временных затрат. Возможно, следовало бы использовать альтернативы.
- 2) Предложенный метод является автоматизированным в высокой степени, однако требует однократного вмешательства пользователя на этапе установки

стартовых точек для применения метода активных контуров в сегментируемых анатомических структурах. Было бы полезно разработать методы для автоматизации этого шага.

- 3) При исследовании ускорения расчёта текстурных признаков тестирование проводилось только на одной архитектуре.

Общая оценка работы. Приведенные замечания не снижают ценности работы. Рассмотренная в работе задача является актуальной. Постановка и метод решения задачи ясно изложены и обоснованы. Результаты работы обладают научной новизной и практической ценностью. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа А.С.Юровой является законченным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям, выполненным по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

доктор технических наук по специальности (05.01.01 — Инженерная геометрия и компьютерная графика), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" (ННГУ), профессор кафедры математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий Института информационных технологий, математики и механики, руководитель лаборатории компьютерной графики и мультимедиа.

Адрес организации: 603950, г.Нижний Новгород, пр. Гагарина, д.23, корп. 2, оф. 312

Телефон: +79030408401

E-mail: vadim.turlapov@itmm.unn.ru

22 ноября 2018 г.

Вадим Евгеньевич Турлапов

