

## ОТЗЫВ

официального оппонента диссертационного совета ДС.ТПУ.15 на диссертацию Данилова Вячеслава Владимировича на тему «Методы и алгоритмы сегментации медицинских изображений на основе машинного обучения», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (научные исследования)

### Актуальность темы

Диссертация Данилова Вячеслава Владимировича посвящена разработке новых методов и алгоритмов автоматической сегментации трёхмерных изображений на основе технологий синтеза данных, оптимизации и машинного обучения. В настоящее время в современных программно-аппаратных системах с целью повышения эффективности и качества обработки информации задачу локализации объектов решают при помощи установки дополнительных датчиков, а также вводят множество ограничений для области обработки. Проблема локализации медицинского инструмента, сегментации и трёхмерной визуализации анатомических структур в режиме реального времени при проведении эндоваскулярных вмешательств является одной из основных проблем цифрового анализа данных разных модальностей. В связи с широким распространением использования таких модальностей, как МРТ и КТ в различных сферах деятельности, тема диссертационной работы является актуальной.

### Основная идея диссертации

Соискателем разработаны алгоритмы, позволяющие выделять контуры и определять положение объекта в пространстве с высокой точностью распознавания и скоростью обработки информации.

Предложенный соискателем основной подход обеспечивает точность сегментации  $90.6 \pm 3.3\%$ , в свою очередь внедрение разработанного соискателем алгоритма test-time аугментации позволило повысить точность сегментации медицинских изображений до уровня  $93.6 \pm 2.4\%$

### Наиболее значимые результаты

- Предложена V-net архитектура свёрточной нейронной сети с дополнительными пробами признаков, являющаяся модификацией U-net архитектуры, которая позволила решить проблему обращения градиентов в ноль при обучении глубоких нейронных сетей.
- Разработан алгоритм синтеза трёхмерных изображений с медицинским инструментом для случаев малого объёма данных и слабой репрезентативности выборки, основанный на идее совмещения кинематики гибких роботов с реальными медицинскими изображениями.
- Предложен новый метод обучения нейронных сетей, основанный на интеграции динамического изменения размера батча и циклической скорости обучения с алгоритмом

test-time аугментации на этапе предсказания новых данных, позволяющий ускорить сходимость обучаемой модели.

- Разработан алгоритм подбора гиперпараметров, который применим не только к нейронным сетям, но и к классическому машинному обучению, в частности, методам бэггинга, бустинга и стэкинга.

**Новыми научными результатами, полученными автором, являются:**

- Метод сегментации на основе V-net архитектуры с плотными пробросами признаков, позволяющий решить задачу сегментации не только медицинского инструмента, но и анатомических структур с высокой точностью.

- Алгоритм синтеза ультразвуковых данных, позволяющий повысить точность сегментации за счёт увеличения количества примеров в обучаемых выборках.

- Метод обучения нейронных сетей на основе использования циклической скорости обучения, динамического изменения размера батча и алгоритма test-time аугментации, позволяющий ускорить сходимость процесса обучения и увеличить точность сегментации медицинского инструмента и анатомических структур.

- Алгоритм выбора гиперпараметров, основанный на последовательном подборе оптимальных параметров посредством t-критерия Стьюдента для связанных выборок, позволяющий снизить время поиска оптимальных значений параметров модели.

**Достоверность полученных результатов,** изложенных в диссертации, обеспечивается корректностью постановки задачи, подробным анализом предложенных методов и алгоритмов, а также подтверждается результатами экспериментальных исследований предложенных решений.

**Практическая значимость результатов исследования** обуславливается тем, что использование разработанных методов и алгоритмов позволит осуществлять сегментацию изображений и локализацию объектов с высокой точностью и значительно сократить временные затраты по сравнению с существующими аналогами. Результаты диссертационного исследования внедрены в ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (г. Кемерово) и используются при проведении практических занятий по дисциплинам «Машинное обучение», «Технология обработки информации», «Теория распознавания образов», «Нейронные сети», «Методы интеллектуальной обработки и анализа изображений» в Томском политехническом университете.

**Диссертация содержит** 191 страницу основного текста, включает 85 рисунков и 36 таблиц, состоит из введения, трёх глав, заключения и двух приложений. Список использованных источников содержит 179 наименований.

По теме диссертации автором опубликовано 22 научных работы, из которых: 4 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК для публикации результатов диссертационных

исследований; 13 публикаций в журналах, входящих в базы научного цитирования Scopus и Web of Science; 5 публикаций в других изданиях; 5 свидетельств о государственной регистрации программ; 1 патент на изобретение.

Материалы исследований достаточно полно отражены в публикациях автора. Все изложенные в работе результаты исследований получены при непосредственном участии автора во всех этапах исследования.

### **Соответствие диссертации паспорту специальности**

Содержание диссертационной работы полностью соответствует формуле паспорта специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (научные исследования) и включает исследования по следующим пунктам:

- Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации (пункт 4 паспорта специальности)
- Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации (пункт 5 паспорта специальности).
- Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации (пункт 12 паспорта специальности).

### **Вопросы и замечания по диссертационной работе**

1. В главе 1 приведена ссылка на работу “Real-time X-ray fluoroscopy-based catheter detection and tracking for cardiac electrophysiology interventions”<sup>1</sup>, в которой представлен алгоритм трекинга трёх различных типов катетеров, а именно катетера коронарного синуса, абляционного катетера и катетера-лассо. Несмотря на то, что в тексте представленной работы также освещается тематика локализации и сегментации медицинского инструмента, тип инструмента не указан.

2. В диссертационной работе присутствует потенциальное пересечение имён предлагаемой нейронной сети V-net с плотными пробросами признаков и нейронной сети V-net, описанной в работе “V-Net: Fully Convolutional Neural Networks for Volumetric Medical Image Segmentation”<sup>2</sup>.

3. В пункте 2.1 автор приводит описание исходного набора данных, состоящего из 75 реальных и 175 синтезированных трёхмерных изображений. Полный набор данных, в том числе включающий аугментированные изображения, состоит из 1250 изображений. В связи с этим возникает вопрос о достаточности такого количества изображений для обучения нейронной сети с высокой обобщающей способностью, которая сможет показывать аналогичные результаты на тестовых клинических данных.

---

<sup>1</sup> Ma Y. et al. Real-time x-ray fluoroscopy-based catheter detection and tracking for cardiac electrophysiology interventions // Med. Phys. 2013. Vol. 40, № 7. P. 071902.

<sup>2</sup> Milletari F., Navab N., Ahmadi S.-A. V-Net: Fully Convolutional Neural Networks for Volumetric Medical Image Segmentation // 2016 Fourth International Conference on 3D Vision (3DV). IEEE, 2016. P. 565–571.

## Заключение

Указанные выше замечания не снижают ценности и общей положительной оценки диссертации. Диссертация Данилова Вячеслава Владимировича на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (научные исследования) является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение проблемы разработки методов и алгоритмов сегментации медицинских изображений, имеющей важное значение для развития отрасли машинного обучения, системного анализа и обработки информации. Полученные автором результаты достоверны, обоснованы, обладают научной новизной, практической значимостью и опубликованы в печатных работах.

Диссертационная работа «Методы и алгоритмы сегментации медицинских изображений на основе машинного обучения» отвечает требованиям «Порядка присуждения учёных степеней», утверждённого приказом ректора Национального исследовательского Томского политехнического университета № 93/од от 6 декабря 2018 г., а автор, Данилов Вячеслав Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (научные исследования).

Официальный оппонент диссертационного совета ДС.ТПУ.15, заместитель первого проректора по учебной работе Брянского государственного технического университета, д.т.н., доцент

А.А. Захарова



(дата, подпись)

06.08.2020

### Сведения:

**Полное наименование организации:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный технический университет»

**Ф.И.О.:** Захарова Алёна Александровна

**Должность:** заместитель первого проректора по учебной работе

**Адрес:** г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, дом 7, офис 411

**Телефон:** +7 4832 56 09 84

**Эл. почта:** [zaa@tu-bryansk.ru](mailto:zaa@tu-bryansk.ru)

Я, Захарова Алёна Александровна, даю своё согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

