

## ОТЗЫВ

дополнительного члена 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.** Извлечение значимой информации из данных различных медицинских исследований, обнаружение объектов и их идентификация, фильтрация и улучшение качества визуального восприятия – это лишь часть задач, которые являются основополагающими в сфере анализа медицинских изображений. Недостаток автоматизации при их решении приводит к дополнительным временным затратам, а также к повышению риска ошибок, связанных с человеческим фактором. Несмотря на то, что некоторые из методов решения задач могут быть полуавтоматическими, они все ещё требовательны к участию специалиста в процессе анализа изображений. Таким образом, диссертационная работа Данилова В.В. является, несомненно, актуальной и направлена на решение задач автоматизации и совершенствования методов и алгоритмов анализа и обработки медицинских изображений, которые используются как при диагностике, так и для коррекции различного рода заболеваний.

**Научная новизна** представлена 4 пунктами. В одном из наиболее важных пунктов автор предлагает модификацию U-net архитектуры – V-net архитектуру свёрточной нейронной сети, которая является основополагающей для всего процесса сегментации изображений. Новым в архитектуре является введение дополнительных пробросов признаков внутри энкодера и декодера. Такая модификация позволила соискателю решить проблему обнуления весов модели при обучении. В процессе обучения нейронных сетей в диссертационной работе предложено использовать динамически меняющийся размер батча и циклическую скорость обучения. В качестве будущего исследования соискателем выдвигается предположение о более эффективном обучении нейронных сетей в случае, когда и размер батча и скорость обучения изменяются, однако их соотношение остаётся постоянным. В качестве расширения первоначальной выборки данных в работе предложен алгоритм синтеза данных

эхокардиографии, который учитывает конфигурацию медицинского инструмента. Для выбора гиперпараметров методов машинного и глубокого обучения, в том числе представленной нейронной сети V-net, автором предложен алгоритм, оценивающий t-критерий Стьюдента базовой и сравниваемой моделей.

**Практическая значимость.** Выполненное научное исследование имеет как высокое фундаментальное, так практическое значение. В условиях огромного потока медицинских графических данных использование предложенных Даниловым В.В. интеллектуальных методов анализа данных для определения объёмов тканей; обнаружения опухолей и других патологий; в системах поддержки принятия решений в хирургии при помощи компьютера; планирования лечения; изучения анатомической структуры является очевидным и закономерным шагом. Предложенные методы анализа и обработки информации универсальны, что даёт возможность применять их в других областях знаний.

**Результаты исследования.** В результате проведения настоящего научного исследования были достигнуты сравнительно высокие показатели точности сегментации. Соискателю удалось за счёт увеличения репрезентативности обучающей выборки с помощью разработанного алгоритма синтеза изображений медицинского инструмента повысить точность сегментации для разреженной U-net архитектуры с  $86.5 \pm 3.6\%$  до  $92.6 \pm 2.2\%$ . Данный тренд указывает на положительное влияние более гетерогенной обучающей выборки на точность сегментации.

Внедрение алгоритма test-time аугментации на этапе предсказания новых данных нейронной сетью V-net позволило повысить точность сегментации медицинского инструмента до уровня  $93.6 \pm 2.4\%$ . Аналогичным способом проводилась сегментация 5 анатомических структур, данные которых были получены в различных медицинских организациях: King's College London, Memorial Sloan Kettering Cancer Center, Vanderbilt University Medical Center и IRCAD Hôpitaux Universitaires. Индекс Дайса для рассмотренных структур оказался выше требуемого среднего уровня точности, который составляет 85%. Последнее говорит о высокой обобщающей способности модели.

В целях подтверждения универсальности предложенной архитектуры свёрточной нейронной сети соискатель провёл дополнительную валидацию V-net архитектуры с пробросами признаков, противопоставив её 11 лучшим моделям соревнования «Medical

Segmentation Decathlon». Результаты, полученные на основе разработанной модели V-net, сравнивались с результатами, полученными 11 лучшими научными группами данного соревнования. В результате, предложенная нейронная сеть для 3 анатомических структур из 5 позволила выполнить наилучшую сегментацию по сравнению со всеми остальными подходами.

**Замечания.** Несмотря на полученные высокие результаты, к автору и его диссертационной работе имеется ряд вопросов и замечаний, которые заключаются в следующем:

1) В формуле 2.23 указаны две соседние конкатенации карт признаков  $[x_l^1, \dots, x_{l-1}^1]$ . Поэтому слой  $l$  не получает карты признаков всех предшествующих слоёв.

2) Аналогично для формулы 2.24.

3) На рисунке 2.17 не указана единица измерения скорости обучения.

4) На странице 93 автор пишет: “Вместо однократного деления данных на  $n$  разбиений, выполняется  $m$  делений на  $n$  разбиений”. Получаем  $m$  одинаковых разбиений?

5) На странице 93 автор пишет: “Сравниваться будет не средняя точность моделей, подверженная выбросам, а то, насколько одна из моделей превосходит другую на соответствующем разбиении”. В каких единицах измеряется и по каким критериям оценивается превосходство?

**Заключение.** Диссертационная работа Данилова Вячеслава Владимировича имеет большую практическую значимость и выполнена на высоком научном уровне. Представленные в работе исследования обладают научной новизной и достоверностью, а все полученные выводы научно обоснованы. Указанные выше замечания не снижают научно-практической значимости работы и общего положительного впечатления. Основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора. Автореферат отражает основное содержание диссертации. На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Данилова Вячеслава Владимировича на тему «Методы и алгоритмы сегментации медицинских изображений на основе машинного обучения» полностью отвечает требованиям «Порядка присуждения учёных степеней», утверждённого приказом ректора Национального исследовательского Томского политехнического университета № 93/од

от 6 декабря 2018 г., а её автор достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (научные исследования)».

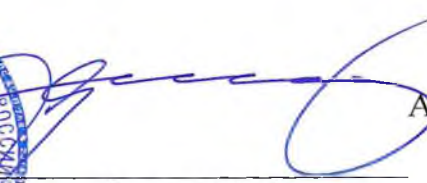
Дополнительный член диссертационного совета ДС.ТПУ.15, д.т.н., профессор  
отделения электронной инженерии  
Инженерной школы неразрушающего  
контроля и безопасности Национального  
исследовательского Томского  
политехнического университета

Солдатов А.И.

24.08.2020   
(дата, подпись)

Подпись Солдатов А.И. заверяю  
Учёный секретарь  
Национального исследовательского  
Томского политехнического университета



  
(дата, подпись) Ананьева О.А.

**Сведения:**

**Полное наименование организации:** федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

**Ф.И.О.:** Солдатов Алексей Иванович

**Должность:** профессор отделения электронной инженерии Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности

**Адрес:** г. Томск, проспект Ленина, дом 30, строение 1, офис 202

**Телефон:** +7 3822 606 297, +7 3822 701 777 доб. 2665

**Эл. почта:** [asoldatof@tpu.ru](mailto:asoldatof@tpu.ru)

Я, Солдатов Алексей Иванович, даю своё согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.