

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.42

Глинский
Алексей Валерьевич

Автоматизация исследований сосудистой сети на эндоскопических
снимках

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра информатики и вычислительной техники
по специальности 1-40 81 02 «Технологии виртуализации и облачных
вычислений»

Научный руководитель
Самаль Дмитрий Иванович
кандидат технических наук, доцент

Минск 2017

ВВЕДЕНИЕ

Успехи современной медицины во многом связаны с расширением возможностей визуализации и анализа данных о состоянии структурных элементов органов и тканей организма человека. Одним из наиболее востребованных в настоящее время неинвазивных методов получения визуальной информации подобного рода является эндоскопическое исследование. Информативность и относительная безопасность эндоскопических методов делают их важной составляющей диагностического процесса и фундаментом для составления прогностических заключений. Нынешние успехи эндоскопии базируются исключительно на совершенствовании аппаратной базы, обеспечивающей возможность получения изображений внутренних органов со всё более возрастающим оптическим разрешением.

В то же время доказано, что существует связь между патологическими процессами и состоянием сосудистой сети внутренних органов. К примеру, наличие опухоли, её разновидность и динамика роста коррелируют с такими показателями, как плотность сосудистой сети, сложность её формы, а также с размерами и извилистостью отдельных сосудов. Однако успешное применение эмпирически полученных знаний в практической медицине, в частности, для проведения качественной дифференциальной диагностики, возможно лишь при наличии чёткой классификации перечисленных выше признаков.

Таким образом, цель данной работы – реализовать приложение, позволяющее упростить и максимально автоматизировать процесс исследования сосудистой сети на эндоскопических изображениях, путем их считывания, обработки, извлечения информативных параметров и сохранения полученных результатов.

В проведённой работе акцент делался на применении сверточных нейронных сетей в качестве метода сегментации сосудистой сети и алгоритмах компьютерного зрения для выделения особенностей сосудистого рисунка.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Расширение возможностей интерпретации, получаемой при эндоскопических исследованиях визуальной информации, прочно связаны с компьютерными алгоритмами, способными проводить автоматизированный анализ разнообразных форм субклинических морфологических изменений сосудов и сосудистых сетей. На сегодняшний день программный аспект данной проблемы является наименее проработанным. При наличии сложных и дорогих аппаратных технологий возможности искусственного интеллекта не задействованы в достаточной степени для формализации больших объёмов данных с целью принятия адекватных клинических решений. Поэтому задача разработки приложения для параметризации субклинических морфологических изменений состояния сосудистой сети и количественного мониторинга патологических изменений является по-настоящему актуальной. Автоматическое и полуавтоматическое выделение сосудистой сети позволит не только концентрировать внимание исследователя на диагностически ценных её участках, но также проанализировать, а затем в унифицированном виде описать качественные признаки сосудистой сети.

Степень разработанности проблемы

Отличительными особенностями эндоскопических изображений являются высокая вариабельность, слабая контрастность и сложность геометрии входящих в них объектов. Особенно это характерно для рисунка сосудистых сетей внутренних органов. В значительной степени именно с этим с эти связан тот факт, что существующие на сегодняшний день в эндоскопии программные комплексы не рассчитаны на выделение и измерение полного набора диагностических признаков. По большей части компьютерные системы содержат лишь средства регистрации изображений, повышения их визуального качества и маркировки.

Между тем, методы компьютерного анализа изображений, в том числе слабоконтрастных, активно и достаточно успешно используются в других областях медико-биологических исследований. Например, в офтальмологии после длительной эволюции стали реальностью аппаратно-программные комплексы, позволяющие с высокой точностью в автоматическом режиме выделять патологические участки на глазном дне и зрительном нерве, обильно пронизанных кровеносными сосудами. Очевидно, наиболее успешные и современные технологии, среди которых одно из ведущих мест занимают алгоритмы, базирующиеся на применении искусственных нейронных сетей,

могут быть экстраполированы на работу с изображениями, формируемыми аппаратными средствами в эндоскопии.

Цель и задачи исследования

Цель данной работы – разработать алгоритм автоматизированного выделения значимой информации о морфологических параметрах сосудистых сетей, визуализируемых на эндоскопических изображениях, для повышения точности и прогностической ценности диагностики в онкологии, эндокринологии, гастроэнтерологии, урологии, на основе современных методов компьютерного зрения и машинного обучения. И дополнительно разработать пользовательский интерфейс для ввода, вывода и модификации информации.

— собрать данные для проведения экспериментов, изучив существующие аналоги и подходы к формированию подобных выборок;

— разработать модель для сегментации сосудов на основе современных методов машинного обучения (сверточных нейронных сетей);

— предложить способ, позволяющий комплексно описать сосудистую сеть в целом, и сосуды в частности, через специальные параметры;

— извлечь информацию и параметры из сосудистой сети, с помощью алгоритмов компьютерного зрения;

— создать пользовательский интерфейс с возможностью ввода и вывода информации, а также модификации промежуточных результатов.

Объектом исследования являются эндоскопические изображения, содержащие сосудистую сеть.

Предметом исследования являются особенности архитектуры сосудистой сети как единого объекта, а также отдельных ее сосудов, которые можно извлечь из эндоскопического изображения.

Теоретическая основа исследования

В ходе работы были рассмотрены существующие программные комплексы для автоматизированного исследования сосудистой сети и методы, лежащие в их основе. Проанализированы методы построения архитектур сверточных нейронных сетей для решения задачи сегментации.

Информационная база исследования для обучения модели сети и извлечения параметров сформирована на основе предоставленных врачами данных, обработанных специалистом.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке и реализации новой технологической линии.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Алгоритм сегментации сосудистой с помощью сверточных нейронных сетей демонстрирует оптимальные результаты и при этом работает

полностью автоматически, не требуя ручного подбора параметров для достижения наилучшего результата.

2. Алгоритмы описания архитектуры сосудистой сети позволяют извлечь необходимые данные из отсегментированного изображения и составить комплексное представление об ее особенностях.

3. Реализованное клиент-серверное приложение позволяет снизить требования, предъявляемые к оборудованию пользователя и повысить скорость внедрения обновлений.

4. Пользовательский интерфейс приложения позволяет выполнить всю последовательность работ по анализу эндоскопических снимков.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней описан и разработан алгоритм для автоматизированного выделения сосудистой сети на эндоскопических изображениях, а также предложены и извлечены параметры, описывающие состояние отдельных сосудов и сосудистой сети.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что на основе разработанного приложения и предложенных параметров ученые могут проводить исследования в области эндоскопии, что прежде было затруднено ввиду сложностей при ручном выделении сосудистой сети и отсутствии четкого перечня параметров.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследований были апробированы в ходе 53-ей научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов Белорусского государственного университета информатики и радиотехники, а также представлены в ходе выставки на II Съезда ученых Республики Беларусь в секции №5 «Медицинские и фармацевтические науки».

Публикации

Отдельные положения диссертации, в частности подход к построению модели сверточной нейронной сети и методы дополнения данных (аугментации) изложены в трех опубликованных работах общим объемом 15,0 п.л. (авторский объем 7,0 п.л.).

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка. Общий объем диссертации – 86 страниц. Работа содержит 3 таблицы, 30 рисунков. Библиографический список включает 33 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы автоматизации исследований сосудистой сети на эндоскопических изображениях, и пути, которыми их можно преодолеть, на примере достижений в схожих областях, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В первой главе рассматриваются программные комплексы, позволяющие автоматизировать офтальмологические исследования и алгоритмы, лежащие в их основе. Затем предлагаются методы оценки и сравнения подобных алгоритмов, а также рассматриваются наборы данных, на основе которых можно провести подобное сравнение и выносится утверждение, что для реализации поставленной задачи необходимо иметь специализированный набор данных. После чего акцент смещается на сверточные нейронные сети и подходы к построению архитектур на их основе.

Во второй главе осуществляется переход к практической части. Описан процесс сбора и формирования набора данных. Описан процесс проведения экспериментов и этапы достижения наилучшего качества работы модели сверточной нейронной сети, выполняющей сегментацию изображений. После чего приведено более подробное описание технической стороны задачи. В заключение приводятся достигнутые результаты.

В третьей главе предлагается набор параметров, описывающий состояние сосудистой сети, а также приведено описание алгоритмов, позволяющих их получить на основе результатов работы модели, построенной во второй главе.

В четвертой главе подробно описывается интерфейс, через который осуществляется взаимодействие пользователя с приложением. Приводятся причины в пользу выбора клиент-серверного приложения, и средства, с помощью которых реализуется поставленная цель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации были решены основные поставленные задачи:

- были изучены современные подходы к формированию выборок для обучения алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения;
- на основе видеозаписей с эндоскопических осмотров при участии квалифицированного специалиста был сформирован новый набор данных;
- на основе данного набора, в ходе множества экспериментов и применения различных подходов была успешно обучена модель сверточной нейронной сети;
- был сформирован набор параметров сосудистой сети и описаны методы их получения, с помощью алгоритмов компьютерного зрения и математических преобразований;
- все этапы обработки информации были собраны воедино и встроены в пользовательский интерфейс, что позволило провести комплексное тестирование и отладку приложения.

Как итог было получено клиент-серверное приложение, позволяющее осуществлять ввод эндоскопических изображений, и вывод полученных параметров сосудистой сети в виде отчетов. Это позволит проводить глубокие исследования в области эндоскопии, за счет автоматизации выделения сосудистой сети и извлечения параметров.

Необходимо отметить следующее: считается, что если была получена достаточно хорошая сегментация изображения, то дальнейшая работа не доставит особых сложностей. Однако на практике оказывается, что от получения сегментации, до извлечения параметров пролегает большой путь. И ошибки, привносимые каждым из методов, накапливаются, ухудшая тем самым качество итоговой модели. Соответственно видятся логичными следующие планы:

- улучшить все этапы обработки изображения, при этом особое внимание уделить таким этапам, как сегментация и скелетизация;
- проводить дообучение нейронной сети с процессом накопления данных.

Также, для удобства пользователя рекомендуется предпринять следующие шаги:

- расширить набор параметров оценки состояния сосудистой сети;
- ввести очередь задач в клиент-серверное приложение;
- добавить ряд функций для более удобного взаимодействия с интерфейсом приложения.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Глинский, А. Вариативность аугментации как фактор повышения качества выделения информативных структур на медицинских изображениях сверточными нейронными сетями / А.В. Глинский, А.В. Далидович, И.И. Косик. // Сборник материалов XII Международной конференции студентов и молодых ученых "Наука и образование - 2017" – Астана, 2017 – с. 678-683

Компьютерная система определения и анализа патологий, визуализируемой на глазном дне «АРМ офтальмолога» : отчет о НИР (заключ.) / НИЧ ЦНИЛ БГМУ; рук. работы - А.М. Недзведь. – Минск, 2015.

Недзведь, О. Алгоритм определения характеристик кровотока в сосудах глазного дна по видеопоследовательности / О.В. Недзведь [и др.] – журнал ОИПИ «Информатика». – Минск, 2017. – с.47-54.

Nedzved, A. Detection of dynamical properties of flow in an eye vessels by video sequences analysis / A. Nedzved [et al.] – International Conference on Information and Digital Technologies (IDT) – 2017. – p.280