

Применение машинного обучения в туманных вычислительных средах для панорамных снимков зубов

А. Н. Субботин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)
alesu1543@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлено краткое описание функций рентгена для лечения зубов. Рассказаны новые возможности вычислительной техники для представления панорамных снимков для врача-стоматолога. Предложен новый способ взаимодействия врача с источниками рентгеновских снимков с применением Интернета Вещей. Дано описание архитектуры по трем стандартам на этапе проектирования. Разработано приложение для смартфона. Доказана эффективность применения туманных вычислительных сред и облачных технологий для распознавания повреждений зубов с помощью машинного обучения. Приводятся конкретные примеры.

Ключевые слова: туманные вычислительные среды; машинное обучение; Интернет Вещей; рентгеновские снимки зубов

I. ВВЕДЕНИЕ

Впервые снимки были придуманы Вильгельмом Рентгеном в 1895 году. Принцип работы рентгеновских снимков довольно прост. Благодаря кратковременному излучению не все микрочастицы успевают пролететь через плотные поверхности, после чего остается уникальный след на пленке с другой стороны просвечиваемого объекта. Таким образом, в медицине можно наблюдать переломы костей, уплотнения в мягких тканях, повреждения легких, инородные тела и т. д.

Применительно к рентгену зубов и челюстно-лицевой хирургии можно найти пульпиты и прочие воспаления на корнях зубов, уровень поражения коронки зуба, засоры в каналах, после чего определить способ лечения, удаления или протезирования зуба. В настоящее время очень популярны нестандартные рентгеновские аппараты. Раньше снимки зубов и челюсти делались в статическом варианте, но с высоким развитием вычислительной техники, компьютеров и повсеместным использованием стека Интернета Вещей появились уже более интеллектуальные способы донести до врача степень повреждения зуба. Например, с помощью создания панорамных снимков зубов с отправкой видео на смартфон врача.

II. ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Проблемой являются отсталые технологии, некачественное рентгеновское оборудование. Бывали случаи, когда врачу приходилось отправлять пациента на рентген по нескольку раз. Такая процедура незначительно, но отрицательно воздействует на организм человека. Врач-стоматолог должен заботиться о здоровье своего пациента и избавлении его от боли и лечением зубов. Неточная постановка диагноза может отправить пациента на долечивание в больницу, в челюстно-лицевое отделение. Это несколько портит статистику, репутацию врача и клиники.

Причиной многократных сверок может, послужить невысокий уровень квалификации врача или не совсем качественное рентгеновское изображение. На помощь специалисту может прийти панорамный снимок зуба при минимальном рентгеновском излучении.

Действительно современными технологиями можно назвать мобильные устройства и стек технологий Интернета Вещей [1, 2, 4]. Это должен быть не просто рентгеновский снимок на экране ПК, а современное приложение для мобильной платформы, решающее все эти недостатки.

III. СПОСОБ РЕШЕНИЯ

Мы планируем повысить точность определения диагноза, повысить скорость работы специалиста с помощью панорамных снимков зубов.

После рассмотрения аналогов, таких как NewTom (<https://www.newtom.it/>), которые предоставляют томографы для медицины общего профиля, стоматологии и ветеринарии. Мы пришли к выводам, что программному обеспечению томографа не хватает приложения для смартфона, на которое поступает видеоизображение панорамного снимка. Мы решили ограничиться только стоматологией.



Рис. 1. Программа NNT Viewer 11.5.0 для электронного томографа NewTom

Томографы NewTom имеют программное обеспечение NNT Viewer 11.5.0 для ПК (рис. 1), которое позволяет врачу смотреть рентгеновские снимки на ПК, панорамируя их с помощью компьютерной мыши. В данный момент не хватает приложения для смартфона, которое могло бы показывать состояние зубов, не отходя от хирургического кресла [3, 5, 7]. Это бы, во-первых, сэкономило бы время и повышало точность и скорость работы врача-стоматолога.

Сейчас мало какого специалиста, можно представить без смартфона. Мы провели опрос в нашей клинике и выяснили, что почти 92% имеют смартфоны, за исключением начмеда и одного заместителя. Не было смартфона у регистраторов и сотрудников немедицинского профиля, но мы их не учитывали.

IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Тонность определения повреждений зубов будет определена с помощью системы машинного обучения на Python 3.9.1 с применением библиотеки TensorFlow v2.3.0 [6, 8, 10, 11]. Приложение будет написано под iOS с применением языка программирования Swift. Высокая скорость работы приложения будет обусловлена двухуровневой обработкой информации, где один из модулей программы будет расположен в туманной вычислительной среде, а второй – непосредственно на смартфоне врача.

Приложение в туманной среде будет работать по принципу сигналов. Написано в среде Lazarus 2.0.10 с поддержкой компилятора FreePascal 3.2.0 и подключенных сетевых библиотек Everest 1.7.3 и Sinopsis 2.0.1, обеспечивающих протоколы шифрования и поддержку сетевого обмена информацией на высоком уровне. После обмена сигналами, происходит передача пакетов информации в формате XML и динамической погрузкой JSON. Дополнительно применяется PHP, JavaScript, JQuery для отображения информации в приложении [9, 12].

Планируется применение большого алгоритма из комбинаций инструментов машинного обучения, требующих большие вычислительные мощности. Это не только глубокое обучение, рекуррентные нейронные сети, временное дообучение модели, динамическое

редактирование датасета [13, 14, 15] и модели отвергнутых снимков, составленные экспертами-врачами.

Все эти возможности для повышения точности определения объектов и постановки диагноза за короткие сроки предоставляют облачные технологии и туманные вычислительные среды. Именно благодаря туманным средам планируется уменьшение задержек оборудования при обращении к серверам, в первую очередь с мобильных устройств [2].

Структура системы построена по принципу сигналов. Когда от устройства поступает сигнал, то другое устройство начинает взаимодействовать. Относительно туманных вычислительных сред применяется теория расписаний. Если устройство слишком загружено, то выбирается другое устройство для обработки видеoinформации.

Согласно американскому стандарту TOGAF для описания архитектур систем должно присутствовать четыре компонента: бизнес структура, архитектура данных, архитектура приложений, технологическая архитектура. На уровне бизнес структуры наша система сократит расходы; на уровне архитектуры данных – все данные будут храниться в БД Oracle в облаке, а приложение будет работать на смартфонах и в туманных вычислительных средах, что является архитектурой приложений. Технологическая архитектура включает взаимодействие, структуру и логику программного обеспечения на уровне сети, сервера и процессов по принципу сигналов и теории расписаний, в нашем случае.

Нашу систему можно квалифицировать по стандарту ISO 15288, где целевой системой является мобильное приложение, системой в эксплуатационной среде является программное обеспечение томографа, обеспечивающей системой является облако и туманные вычислительные среды.

Согласно стандарту описания архитектуры DoDAF 2.0.2 операционным представлением является информация (рентгеновские снимки) для врача-рентгенолога и врача-стоматолога, системным представлением является программное обеспечение томографа, техническим представлением являются облачные технологии, туманные вычислительные среды и разработка мобильного приложения.

V. ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Мы разработали приложение для врача, который может наблюдать панорамный снимок зуба на своем смартфоне (рис. 2). В нем основное поле, где показываются снимки зубов, листая пальцем по вертикали. Дополнительно мы добавили две кнопки ERROR и MENU, которые позволяют заявить в экспертную систему об ошибке и выйти в главное меню приложения. Такое маленькое количество кнопок – это не ограничение функционала, а важная функция эргономики, чтобы не мешать врачу и не отвлекать его лишними функциями, которые могут отвлечь стоматолога от работы.

На представленных рентгеновских снимках (рис. 2) можно увидеть пломбированный зуб (шестерка), который был плохо вылечен, через два года на корне зуба образовался пульпит, и зуб был благополучно удален, благодаря панорамным снимкам зубов. Корни из каналов были вытащены, хотя это было непросто, потому что это шестерка и врачу-стоматологу удалось обойтись без долечивания, что хороший показатель для нашего приложения. Сверху видны корни зуба потому, что коронка тройки была сломана после лечения.

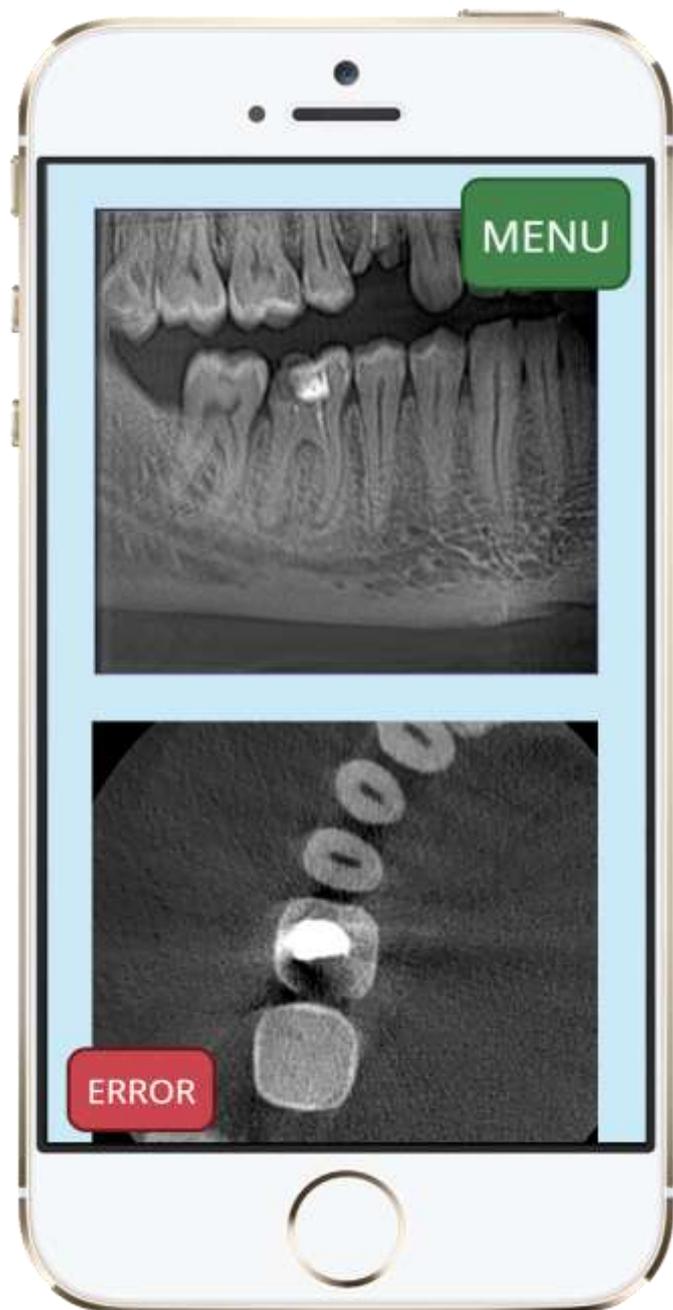


Рис. 2. Мобильное приложение врача-стоматолога под iOS на Swift для просмотра рентгеновских снимков

Теперь необходимо рассмотреть вопрос эффективности нашего приложения. Эффективность может быть оценена следующими показателями:

- снижение количества пациентов, отправленных на долечивание;
- повышение скорости обработки рентгеновских снимков, благодаря применению машинного обучения и туманных вычислительных сред.

ТАБЛИЦА I Динамика пациентов на долечивание

Пациенты на долечивание		
День недели	Раньше	Теперь стало
Понедельник	8,62%	7,53%
Вторник	7,61%	6,89%
Среда	6,3%	4,12%
Четверг	7,29%	5,7%
Пятница	3,21%	2,9%
Суббота	2,83%	2,03%
Воскресенье	1,42%	0,87%

Статистика на долечивание по пациентам была представлена израильскими коллегами из частных стоматологических клиник Израиля (Хайфа, Тель-Авив, Иерусалим). В качестве периода был взят 1 месяц. Динамика в табл. 1 на снижение говорит об эффективности нашего метода.

ТАБЛИЦА II Повышение скорости обработки

Повышение скорости обработки рентгеновских снимков		
Время	Раньше	Теперь стало
05:00 – 07:00	24,2%	28,7%
07:00 – 09:00	34,7%	32,4%
09:00 – 11:00	38,9%	39,8%
11:00 – 13:00	37,6%	42,61%
13:00 – 15:00	32,1%	35,89%
15:00 – 17:00	25,6%	26,3%
17:00 – 19:00	17,2%	18,5%

Статистика говорит нам о том, что количество пациентов на долечивание сократилось на 7,24 % (с 37,28 % до 30,04 %), а скорость обработки повысилась на 13,93 %, что говорит о хороших результатах.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены методы удаленной обработки видеоизображений с применением туманных вычислительных сред применительно к рентгеновским снимкам зубов, с сокращением количества пациентов на долечивание на 7,24 % и повышением скорости обработки рентгеновских снимков на 13,93 %.

Автором статьи разработано приложение для смартфона для обработки видеоизображений на виртуальных машинах с применением облачных технологий и туманных вычислительных сред. Рассмотрены этапы работы программы, раскрыты отдельные детали. Приведены конкретные примеры работы программы применительно к предметной области стоматологическим клиникам Израиля (повреждения зуба и последующее лечение, протезирование или удаление).

Задача обработка видеоизображений средствами туманных вычислений является актуальной и для многих предметных областей. Так, например, в процессе лечения легочных заболеваний может возникнуть необходимость распознавания возможного заболевания и постановки правильного диагноза. Разработанная программа также может использоваться в хирургии для постановки диагноза, общей медицине и ветеринарии. В заключении подводится итог исследования.

ВЫРАЖЕНИЕ БЛАГОДАРНОСТИ

Автор статьи выражает благодарность Стоматологической поликлинике №31 и центру конусно-лучевой компьютерной томографии компании АМИКОРТ (<https://amicort.ru/>) за помощь в подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Aazam M., Huh E.: Fog computing and smart gateway based communication for cloud of things. In: 2014 International Conference on Future Internet of Things and Cloud, August 2014, pp. 464–470 (2014)
- [2] Tanwar S., Tyagi S., Kumar N.: Multimedia Big Data Computing for IoT Applications: Concepts, Paradigms and Solutions, vol. 163. Springer (2019)
- [3] Rahm E., Do H.H.: Data cleaning: problems and current approaches. *IEEE Data Eng. Bull.* 23, 2000 (2000)
- [4] Saecker M., Markl V.: Big Data Analytics on Modern Hardware Architectures: A Technology Survey, pp. 125–149. Springer, Berlin (2013)
- [5] Yi, S., Hao, Z., Qin, Z., Li, Q.: Fog computing: platform and applications. In: 2015 Third IEEE Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies (HotWeb), November 2015, pp. 73–78 (2015)
- [6] Bonomi F., Milito R., Natarajan P., Zhu J.: Fog Computing: A Platform for Internet of Things and Analytics, pp. 169–186. Springer International Publishing, Cham (2014)
- [7] Sarkar S., Chatterjee S., Misra S.: Assessment of the suitability of fog computing in the context of internet of things. *IEEE Trans. Cloud Comput.* 6(1), 46–59 (2018)
- [8] Yannuzzi M., Milito R., Serral-Graci R., Montero D., Nemirovsky M.: Key ingredients in an IoT recipe: fog computing, cloud computing, and more fog computing. In: 2014 IEEE 19th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD), December 2014, pp. 325–329 (2014)
- [9] Huang C., Lu R., Choo K.-K.R.: Vehicular fog computing: architecture, use case, and security and forensic challenges. *IEEE Commun. Mag.* 55(11), 105–111 (2017)
- [10] Jaykrushna A., Patel P., Trivedi H., Bhatia J.: Linear regression assisted prediction based load balancer for cloud computing. In: 2018 IEEE Punecon, pp. 1–3. IEEE (2018)
- [11] Bhatia J., Dave R., Bhayani H., Tanwar S., Nayyar A.: Sdn-based real-time urban traffic analysis in vanet environment. *Comput. Commun.* 149, 162–175 (2020)
- [12] Bhatia J., Modi Y., Tanwar S., Bhavsar M.: Software defined vehicular networks: a comprehensive review. *Int. J. Commun. Syst.* 32(12), e4005 (2019)
- [13] Bhatia J., Patel T., Trivedi H., Majmudar V.: Htv dynamic load balancing algorithm for virtual machine instances in cloud. In: 2012 International Symposium on Cloud and Services Computing, pp. 15–20. IEEE (2012)
- [14] Liu Y., Fieldsend J.E., Min G.: A framework of fog computing: architecture, challenges, and optimization. *IEEE Access* 5, 25445–25454 (2017)
- [15] Dastjerdi A.V., Gupta H., Calheiros R.N., Ghosh S.K., Buyya R.: Fog computing: principles, architectures, and applications. *CoRR*, abs/1601.02752 (2016)