

- Flip vertically – отражение слоя/изображения по вертикали;
- Flip horizontally – отражение слоя/изображения по горизонтали;
- Brightness – изменение яркости изображения;
- Colorify – окрашивание изображения;
- Blur – размытие изображения;
- Gaussian Blur – Гауссовское размытие;
- Emboss – тиснение;
- Sharpen – резкость.

В разработанном веб-приложении встроены самые необходимые функции и методы для редактирования изображения. Можно сказать, что приложение по своим функциям, сравнимо с Photoshop, однако Photoshop потребляет намного больше ресурсов персонального компьютера, чем требуется для запуска веб-редактора. Также основным преимуществом является мобильность веб-приложения, ввиду того, что не требуется дополнительная установка приложения и сторонних программ.

УДК 004.891:004.93

## АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА НА ОСНОВЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Курочка К.С., Панарин К.А., Карабчикова Е.А.*

***Аннотация.** Предлагается алгоритм, позволяющий с использованием сверточной нейронной сети на основе регионов Darknet YOLO осуществлять локализацию позвонков на рентгеновских изображениях с последующим определением геометрических параметров с помощью библиотеки компьютерного зрения OpenCV.*

***Abstract.** Technology that allows to localize vertebrae on X-ray images and then determine geometric parameters using the OpenCV computer vision library in conjunction with the convolution neural network Darknet YOLO based on regions is proposed.*

**Введение.** При диагностике дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника человека на основе рентгеновских изображений требуется проведение оценки медицинским работником значительного числа геометрических параметров, получение которых вручную требует значительных временных затрат и не обеспечивает высокой точности [1]. Таким образом актуальной является задача автоматизации данного процесса.

Основным этапом подобной автоматизации является решение задачи о локализации отдельных позвонков позвоночника человека и оценки их взаимного расположения. Для решения данной задачи различными авторами использовались такие подходы как гистограммы ориентированных градиентов [2] и сверхточные нейронные сети с методом скользящего окна [3, 4], однако данные подходы требуют изображения высокой контрастности, а также обладают значительной ресурсоемкостью.

**Локализация и параметризация позвонков на изображении.** Наличие шумов и побочных объектов на снимках нарушают целостность контуров позвонков, что делает достаточно сложной задачу локализации с использованием таких методов как сегментация и контурный анализ. Для нахождения координат позвонков авторами была использована нейронная сеть на основе регионов Darknet YOLO [5], принцип работы которой состоит в разбиении изображения на фиксированные области, в которых затем происходит поиск наличия объекта. Обнаруженные объекты передаются классификатору, т.е. классификатору передаются лишь фрагменты изображения, гарантированно содержащие объекты, а не все изображение.

В качестве обучающей выборки выступает набор, состоящий из множества изображений позвонков различной степени яркости, четкости, зашумленности и угла наклона. Результатом работы нейронной сети является набор сегментов исходного изображения, соответствующих областям с позвонками.

В ходе анализа снимка необходимо вычислить ряд унифицированных параметров, связанных со структурой, формой и пространственным взаиморасположением отдельных позвонков [6]. Найденные сегменты не позволяют получить признаки и геометрические параметры позвонков, поэтому необходимо разработать дополнительные алгоритмы.

Начальным шагом в решении данной задачи является получение четких границ позвонка и нахождение «ключевых» точек, соответствующих углам позвонка.

Для решения указанной задачи предлагается использовать следующий алгоритм локализации позвонка в каждом найденном сегменте:

1. с целью подавления лишних деталей и шумов на изображении используется размытие по Гауссу (рис. 1а);

2. для выделения структурных элементов границ используется оператор Канни. В результате будет получен набор кривых (рис. 1б);

3. для поиска образующих контур прямых применяются преобразования Хафа (рис. 1в);

4. анализируя взаимное расположение прямых и находя их точки пересечения, будут получены наборы возможных точек – вершин четырехугольника (позвонка) (рис. 1г);

5. при рассмотрении полученных в области вершин наборов точек производится группировка и усреднение до четырех отдельных «ключевых точек» – вершин позвонка и построение по ним контура позвонка (рис. 1д, 1е).

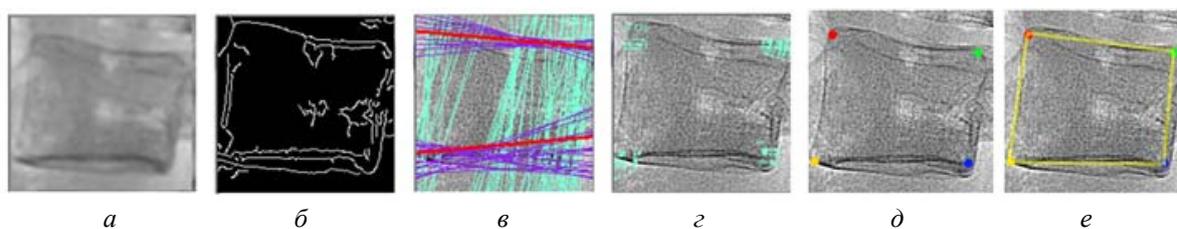


Рисунок 1 – Этапы обработки найденных сегментов с позвонками:  
а – размытие изображения по Гауссу

**Заключение.** В данной работе был получен алгоритм, позволяющий осуществить локализацию местоположения позвонков на рентгеновских снимках поясничного отдела позвоночника и определения их размерных характеристик путем нахождения «ключевых» точек, соответствующих углам позвонков. На основе данных точек могут быть получены все геометрические характеристики позвонков поясничного отдела позвоночника.

В результате тестирования полученного алгоритма на базе из некоторого количества профильных рентгеновских изображений поясничного отдела позвоночника установлено, что в 79% случаев алгоритм успешно находит угловые точки позвонков L2–L5, однако в случае позвонков L1 и S1 наблюдаются значительные отклонения, обусловленные неравномерностью распределения яркости на предоставленных DICOM-изображениях. Среднее время распознавания и обработки одного рентгеновского снимка составляет 8 с.

### Список литературы

1. Рентгенометрический анализ кинематики L4–L5 и L5–S1 позвоночных сегментов в III стадии дегенеративного процесса // Е.Л. Цитко [и др.] / Новости Хирургии, 2015. – Т. 23. – С. 202-208.
2. Automatic vertebra detection in x-ray images / С.М. Daniel [et al.]. // CompIMAGE 06 – Computational Modelling of Objects Represented in Images, 2006.

3. Головки В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. – Кн. 4. – М.: ИПРЖР, 2001. – 256 с.

4. Kurachka K.S., Tsalka I.M. Vertebrae detection in X-ray images based on deep convolutional neural network // 2017 IEEE 14th International Scientific Conference of Informatics. – 2017. – P. 194-196.

5. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection / R. Joseph [et al.]. arXiv preprint arXiv: 1506.02640.

6. Kurachka K, Kamrakou U., Masalitina N. The automated classification system for lumbar spine anatomic elements // Nonlinear Dynamics and Applications, 2017. – Vol. 23. – P. 127-134.

УДК 330.47

## **К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*Лисок Ю.И., Прозорова М.С.*

*Представительство Акционерной компании с ограниченной ответственностью  
«LABINVESTA LIMITED» (Великобритания) в Республике Беларусь  
Белорусский национальный технический университет  
e-mail: mariya.18.09.1995@gmail.com*

**Abstract.** *Electronic digital signature is an alternative to handwritten signature with full legal force. The main purpose of an electronic digital signature is to confirm the authorship of a particular document and a full guarantee that no changes were made to this document after it was signed. After all, only the owner of an electronic digital signature can make changes to a document signed with such a signature. The opportunities provided by electronic digital signature to users have made it an important component of everyday life ordinary citizens, representatives of companies and government bodies.*

Электронная цифровая подпись представляет собой альтернативу рукописной подписи с полной юридической силой.

Электронная цифровая подпись – это реквизит электронного документа, предназначенный для защиты данного электронного документа от подделки, полученный в результате криптографического преобразования информации с использованием закрытого ключа электронной цифровой подписи и позволяющий идентифицировать владельца сертификата ключа подписи, установить отсутствие искажения информации в электронном документе, а также обеспечивает неотказуемость подписавшегося.

Основное назначение электронной цифровой подписи состоит в подтверждении авторства определенного документа и полная гарантия того, что в этот документ не были внесены изменения после того, как он был подписан. Ведь внести изменения в подписанный такой подписью документ способен только владелец электронной цифровой подписи.

Значение электронной цифровой подписи получается в результате криптографического преобразования электронных данных документа. Для этого используется так называемое асимметричное шифрование, когда для прямого и обратного преобразований используются разные ключи – закрытый ключ электронной цифровой подписи (личный) и открытый ключ электронной цифровой подписи. Электронная цифровая подпись как элемент электронного документооборота функционирует только при задействовании пары ключей.

Закрытый ключ электронной цифровой подписи – уникальная последовательность символов длиной 264 бита. Именно закрытый (личный) ключ позволяет генерировать электронную цифровую подпись и подписывать электронный документ. Владелец обязан хранить свой закрытый ключ в строжайшей тайне, поскольку это важнейшее условие его безопасного использования. Часто закрытый ключ электронной цифровой подписи выдается владельцу сертификата электронной цифровой подписи на флэш-носителе, с которого ключ невозможно скопировать.