

Машинное обучение в задаче детекции элементов корня аорты

К. Ю. Клышников^{1*}, Е. А. Овчаренко¹, В. В. Данилов², П. С. Онищенко¹,
В. И. Ганюков¹, Л. С. Барбараш¹

¹ Научно-исследовательский институт комплексных проблем
сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово, Россия

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия
* Klyshku@kemcardio.ru

Аннотация. Существенный рост количества транскатетерных протезирований клапана аорты ведет к развитию вспомогательных систем, решающих задачу интра- или дооперационного ассистирования. Основой подобных систем становится концепция компьютеризированного автоматического анатомического распознавания основных ориентиров, ключевых для процедуры. В случае транскатетерного протезирования – элементов корня аорты и доставочной системы. Настоящая работа посвящена демонстрации потенциала применения методов машинного обучения – современной архитектуры сверточной нейронной сети ResNet V2 для задачи интраоперационного отслеживания реал-тайм основных анатомических ориентиров во время транскатетерного протезирования клапана аорты. Основой для обучения выбранной архитектуры нейросети стали клинические графические данные пяти пациентов, которым осуществляли транскатетерное протезирование клапана аорты коммерческими системами CoreValve (Medtronic Inc., США). Полученные в ходе такого вмешательства интраоперационные аортографии с визуализацией основных анатомических ориентиров: элементов фиброзного кольца клапана аорты, синотубулярного сочленения и элементов доставочной системы, стали входными данными для работы выбранной нейросети. Общее количество изображений составило 2000 шт., которые были случайным образом распределены на две подвыборки: 1400 изображений для обучения, 600 – для валидации. Показано, что использованная архитектура нейронной сети способна осуществлять детекцию с точность 85–96% по метрикам классификационной и локализационной компонент, однако в значительной мере не удовлетворяет требованиям производительности (скорости обработки): время анализа одного кадра аортографии составило 0,097 сек. Полученные результаты определяют дальнейшее направление развития автоматического анатомического распознавания основных ориентиров при транскатетерном протезировании клапана аорты с позиции создания ассистирующей системы – снижение времени анализа каждого кадра за счет описанных в литературе методов оптимизации. Тем не менее предложенный вариант является перспективной высокоточной основой для прикладной реализации подобного программного обеспечения.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть, аортография, транскатетерное протезирование клапана аорты, TAVR, F1-score, локализация

Для цитирования: Клышников К. Ю., Овчаренко Е. А., Данилов В. В., Онищенко П. С., Ганюков В. И., Барбараш Л. С. Машинное обучение в задаче детекции элементов корня аорты // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 3. С. 73–83. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-3-73-83

Machine learning for detection of aortic root landmarks

K. Klyshnikov^{1*}, E. Ovcharenko¹, V. Danilov², P. Onishchenko¹, V. Ganyukov¹, L. Barbarash¹

¹ Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russia

² National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

* Klyshku@kemcardio.ru

Abstract. A significant increase in the number of transcatheter aortic valve replacements entails the development of auxiliary systems that solve the problem of intra- or preoperative assistance to such interventions. The main concept of such systems is the concept of computerized automatic anatomical recognition of the main landmarks that are key to the procedure. In the case of transcatheter prosthetics – elements of the aortic root and delivery system. This work is aimed at demonstrating the potential of using machine learning methods, the modern architecture of the ResNet V2 convolutional neural network, for the task of intraoperative real-time tracking of the main anatomical landmarks during transcatheter aortic valve replacement. The basis for training the chosen architecture of the neural network was the clinical graphical data of 5 patients who received transcatheter aortic valve replacement using commercial CoreValve systems (Medtronic Inc., USA). The intraoperative aortographs obtained during such an intervention with visualization of the main anatomical landmarks: elements of the fibrous ring of the aortic valve, sinotubular articulation and elements of the delivery system, became the output data for the work of the selected neural network. The total number of images was 2000, which were randomly distributed into two subsamples: 1400 images for training; 600 – for validation. It is shown that the used architecture of the neural network is capable of performing detection with an accuracy of 95-96% in terms of the metrics of the classification and localization components, however, to a large extent does not meet the performance requirements (processing speed): the processing time for one aortography frame was 0.097 sec. The results obtained determine the further direction of development of automatic anatomical recognition of the main landmarks in transcatheter aortic valve replacement from the standpoint of creating an assisting system – reducing the time of analysis of each frame due to the optimization methods described in the literature.

Keywords: convolutional neural network, aortography, transcatheter aortic valve replacement, TAVR, F1–score, localization

For citation: Klyshnikov K., Ovcharenko E., Danilov V., Onishchenko P., Ganyukov V., Barbarash L. Machine learning for detection of aortic root landmarks. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2022, vol.17, no.3, pp.73-83 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-3-73-83

Введение

Транскатетерное протезирование клапана аорты (Transcatheter aortic valve replacement – TAVR) становится рутинной процедурой лечения приобретенных пороков во всем мире, в том числе и в Российской Федерации. По статистическим данным ряд клиник выполняет более 100 подобных вмешательств в год, и их число с повышением

доступности и выходом новых моделей протезов продолжает расти [1, 2]. В основе данной процедуры лежит имплантация клапана сердца через сосудистую систему по принципу, схожему с коронарным стентированием. Протез клапана сердца, сжатый до малого диаметра 6–8 мм, продвигается по крупным артериям до сердца, после чего его раскрывают различными методами, придавая рабочий диаметр 19–25 мм. Учитывая, что данная про-