

Внуков<sup>1,2</sup> Е.В., Барулина<sup>3</sup> М.А., Клочков<sup>4</sup> В.А.

<sup>1</sup>*Институт проблем точной механики и управления — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»  
410028, г. Саратов, ул. Рабочая, 24*

<sup>2</sup>*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
vnikov@iptmuran.ru*

<sup>3</sup>*Институт проблем точной механики и управления — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»  
410028, г. Саратов, ул. Рабочая, 24  
barulina@iptmuran.ru*

<sup>4</sup>*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации.  
410028, Саратовская область, г. Саратов, ул. 53-й Стрелковой дивизии, здание 8  
v-klochkov1@yandex.ru*

### **Проблемы создания носимого устройства с искусственным интеллектом для постоянного мониторинга биосигналов**

Сердечно-сосудистые заболевания являются причиной до 31% смертей (около 250 тыс. человек) в год в России. Догоспитальная смертность при остром инфаркте миокарда достигает 60%. Большую часть этих смертей можно предотвратить с помощью мобильных устройств, предназначенных для индивидуального контроля состояния здоровья и раннего выявления патологического состояния сердечно-сосудистой системы. Особенно это актуально для людей, у которых уже выявлены заболевания и которые нуждаются в постоянном врачебном контроле.

Разработки в этой области активно ведутся как в России, так и за рубежом [1, 2]. Но существующие или разрабатываемые решения обладают рядом недостатков, которые заключаются в высокой стоимости устройства, при этом проводимый анализ ЭКГ является исключительно ретроспективным. Кроме того эти устройства в принципе не применимы для долгого ношения, так как силиконовые электроды вызывают раздражение у пациента, а большое количество проводов повышает риск повреждения прибора. Из российских разработок можно назвать такие, как ECGdongle или Инкарт. ECGdongle для корректной работы требуют подключения к компьютеру или смартфону. Устройства Инкарт используются для мониторинга ЭКГ на время, не превышающее 72 часа. Подавляющее большинство аналогичных устройств вообще требуют нахождения в стационаре.

В связи с этим задача разработки и внедрения систем дистанционного постоянного мониторинга физиологического состояния сердца человека для использования самим пациентом в домашних условиях остается актуальной. Схема разрабатываемой системы непрерывного мониторинга показана на рис. 1.

Устройство для непрерывного контроля физиологического состояния сердца должно обладать рядом характеристик. Так, оно должно быть портативным и, помимо простой записи ЭКГ, должно заблаговременно предупредить пациента о наступлении возможной критической ситуации с помощью световых или звуковых сигналов. Такие предупреждения могут быть реализованы при использовании алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) для предсказания наступления критической ситуации и для анализа поступающих данных в реальном времени.



Рис. 1. Принципиальная схема системы непрерывного мониторинга биосигналов

Но не любые модели ИИ подойдут для этой цели, так как требования к массогабаритным характеристикам прибора и, как следствие, его ограниченные вычислительные мощности накладывают существенные ограничения на используемые модели. Это в свою очередь требует адаптации моделей ИИ или создания новых алгоритмов Tiny AI [3] по аналогии с TinyM2Net [4], MobileNet [6], YOLOv5 Nano Release, Tiny YOLOv4 [6], разработанных для использования на портативном устройстве.

Помимо программной части реализуемой системы непрерывного мониторинга, представляет интерес подбор элементной базы, которая должна быть достаточно высокого качества и иметь относительно небольшую цену.

### Литература

1. Jiang B. , Dong N. , Shou J. , Cao L. , Hu K. , Liu W. , Qi X. Effectiveness of artificial intelligent cardiac remote monitoring system for evaluating asymptomatic myocardial ischemia in patients with coronary heart disease *Am J Transl Res.* 2021; 13(10): 11653–11661.
2. Shao M., Zhou Z., Bin G., Bai Y, Wu Sh. A Wearable electrocardiogram telemonitoring system for atrial fibrillation detection. *Sensors (Basel).* 2020 Jan 22; 20(3): 606. doi: 10.3390/s20030606.
3. H. Liu, Z. Wei, H. Zhang, B. Li and C. Zhao, "Tiny Machine Learning (Tiny-ML) for Efficient Channel Estimation and Signal Detection," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 71, no. 6, pp. 6795-6800, June 2022, doi: 10.1109/TVT.2022.3163786.
4. Rashid, H., Ovi, P. R., Busart, C., Gangopadhyay, A., & Mohsenin, T. (2022, March 19). TinyM2Net: A Flexible System Algorithm Co-designed Multimodal Learning Framework for Tiny Devices. <https://doi.org/10.31219/osf.io/e8px7>
5. Howard, A.G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M. and Adam, H., 2017. Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. *arXiv preprint arXiv:1704.04861*.
6. [https://github.com/ElectronicElephant/tiny\\_yolov3](https://github.com/ElectronicElephant/tiny_yolov3)