

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430359>

# Разработка портативного спектрофотометра с применением искусственных нейронных сетей для неинвазивного определения уровня гликированного гемоглобина в крови методом рамановской спектроскопии

Е.Е. Поликер, Б.Л. Земских, К.А. Кошечкин

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование:** неинвазивная диагностика диабета — одна из ключевых проблем современной медицины. Система, которую мы планируем создать, может стать новой технологией для точного и неинвазивного измерения HbA1c. Поэтому нам предстоит провести серию исследований, чтобы оценить эффективность изучаемого метода и определить его потенциал для медицинской диагностики и мониторинга HbA1c.

### Цели:

1. Изучение возможности применения рамановской спектроскопии для неинвазивного измерения HbA1c.
2. Разработка и дизайн портативного анализатора на основе данной технологии.
3. Оценка эффективности и точности разработанного прибора.

**Методы:** для создания нейросети необходимо собрать обучающую выборку измерений с целью последующего применения к ней методов из библиотеки TensorFlow, а также выполнить лабораторные замеры для калибровки системы на лабораторных методах определения HbA1c. Устройство будет использовать лазер длиной 785 нм для снятия спектров в соответствии с методом рамановской спектроскопии. Полученные данные будут подаваться на вход нейросети, построенной на основе архитектуры свёрточных нейросетей. С целью определения точности и эффективности устройства будут проведены эксперименты для обучения модели. Планируется выполнить процедуру сбора данных в два этапа. Вначале будет проведено предварительное тестирование на 50 пациентах, которое позволит исследовать, как наш метод справляется с разными возрастными и гендерными группами, а также с различным HbA1c. Затем будет продолжен сбор данных на более крупном масштабе, включая пациентов с различными типами диабета и здоровых людей. Данные будут собираться с помощью портативного спектрофотометра и контролироваться с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Для оценки эффективности и точности устройства будут использоваться различные метрики: accuracy, precision, recall, F1-score.

**Результаты:** на данный момент был проведён анализ доступной литературы, по результатам которого сделаны нижеизложенные выводы. Кроме того, нами разработана нейросетевая модель, основанная на данных об измерении HbA1c. Продолжается работа над оптимизацией нашей модели для повышения точности и надёжности результатов.

**Заключение:** неинвазивный метод на основе рамановской спектроскопии имеет ряд преимуществ при измерении уровня HbA1c, которые заключаются в более быстром и нетравмирующем замере, а также в возможности непрерывного контроля уровня HbA1c. В частности, неинвазивный метод исключает ошибки, связанные с утечкой белка за пределы кровеносного русла.

**Ключевые слова:** гликированный гемоглобин; искусственный интеллект; рамановская спектроскопия; биомедицинская диагностика; автоматическое распознавание образов; алгоритмы машинного обучения.

## КАК ЦИТИРОВАТЬ

Поликер Е.Е., Земских Б.Л., Кошечкин К.А. Разработка портативного спектрофотометра с применением искусственных нейронных сетей для неинвазивного определения уровня гликированного гемоглобина в крови методом рамановской спектроскопии // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № 1 Supplement. С. 102–104. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430359>

Рукопись получена: 15.05.2023

Рукопись одобрена: 05.06.2023

Опубликована Online: 10.07.2023

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Qui Y., Hang Y., Xiaoliang S., et al. Raman Spectroscopy for Non-invasive, Real-time Hemoglobin A1c Monitoring // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. P. 1–9.
2. Chengjian Y., Xinyang W., Haibo X., et al. Raman spectroscopy-based noninvasive glycated hemoglobin detection in blood samples: A machine learning approach // *Analytical Chemistry*. 2021. Vol. 93, N 7. P. 3273–3279.
3. Demircioglu N., Erdogan I., Ersoy Y.E., Abbasoglu A.A. Raman spectroscopy for the non-invasive detection of glycated haemoglobin: A systematic review // *Advances in Clinical Chemistry*. 2019. Vol. 88. P. 71–90.
4. Zhang J., et al. Deep learning-based automatic detection of pulmonary nodules on CT images with TensorFlow // *Journal of X-Ray Science and Technology*. 2018. Vol. 26, N 3. P. 427–434.
5. Chen L., Wang J., Yan X., Chen H., Ni X. Non-invasive measurement of hemoglobin A1c using Raman spectroscopy // *Analytical Methods*. 2019. Vol. 11, N 37. P. 4743–4750.
6. Trenerry M.I., et al. Validation of high-performance liquid chromatography assays for determination of glycated hemoglobin in diabetic studies // *Clinica Chimica Acta*. 1996. Vol. 246, N 1–2. P. 91–102.
7. Rüdiger S., Etzrodt T. Noninvasive Raman Spectroscopy Detection of Diabetes: Investigation of In Vivo Skin Perfusion and In Vitro Blood Samples // *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2011. Vol. 5, N 2. P. 1153–1162. doi: 10.1177/19322968110050024
8. Rashid M.M., et al. Exploring the Potential of Non-invasive Raman Spectroscopy in Monitoring Serum Glycated Haemoglobin in Patients with Type II Diabetes Mellitus // *Journal of Spectroscopy*. 2016. Vol. 2016. P. 1–10.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430359>

# Development of a portable spectrophotometer using artificial neural networks for non-invasive determination of glycated hemoglobin in blood by Raman spectroscopy

Ekaterina E. Poliker, Boris L. Zemskikh, Konstantin A. Koshechkin

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Non-invasive diagnosis of diabetes is one of the major problems of contemporary medicine. The system being planned could be a new technology for measuring hemoglobin A1c (HbA1c) accurately and non-invasively. Therefore, a series of studies are to be conducted to assess the efficiency of the method under study and determine its potential for medical diagnosis and monitoring of HbA1c.

### AIMS:

1. Investigation of the feasibility of Raman spectroscopy for non-invasive measurement of HbA1c.
2. Development and design of a portable analyzer using this technology.
3. Assessment of the efficiency and accuracy of the developed device.

**METHODS:** Neural network creation requires collecting a training sample of measurements for subsequent application of TensorFlow library tools and performing laboratory measurements to calibrate the system for determining HbA1c. The device will use a 785-nm laser to take spectra according to the Raman spectroscopy. The obtained data will be fed to the input of the neural network based on the architecture of convolutional neural networks. Experiments will be conducted to train the model to determine the accuracy and efficiency of the device. A two-step data collection procedure is planned. First, a preliminary test will be done on 50 patients to see how the proposed method handles different age and gender groups and different HbA1c levels. Later, the data will continue to be collected on a larger scale, including patients with different types of diabetes and healthy individuals. Data will be collected using a portable spectrophotometer and monitored by high-performance liquid chromatography. Various metrics will be used to assess the efficiency and accuracy of the device such as accuracy, precision, recall, and F1-score.

Received: 15.05.2023

Accepted: 05.06.2023

Published Online: 10.07.2023

**RESULTS:** An analysis of the available literature was conducted and the following conclusions were drawn. In addition, a neural network model was developed using HbA1c measurements. Currently, our model is optimized to improve the accuracy and reliability of the results.

**CONCLUSIONS:** The non-invasive Raman spectroscopy-based method has several advantages in measuring HbA1c levels. The procedure is faster and non-traumatic, and HbA1c levels can be monitored continuously. In particular, the non-invasive method eliminates errors associated with protein leakage outside the bloodstream.

**Keywords:** glycated hemoglobin; artificial intelligence; Raman spectroscopy; biomedical diagnostics; automatic pattern recognition; machine learning algorithms.

#### FOR CITATION

Poliker EE, Zemskikh BL, Koshechkin KA. Development of a portable spectrophotometer using artificial neural networks for non-invasive determination of glycated hemoglobin in blood by Raman spectroscopy. *Digital Diagnostics*. 2023;4(1S):102–104. doi: <https://doi.org/10.17816/DD430359>

## REFERENCES

1. Qui Y, Hang Y, Xiaoliang S, et al. Raman Spectroscopy for Non-invasive, Real-time Hemoglobin A1c Monitoring. *Scientific Reports*. 2019;9:1–9.
2. Chengjian Y, Xinyang W, Haibo X, et al. Raman spectroscopy-based noninvasive glycated hemoglobin detection in blood samples: A machine learning approach. *Analytical Chemistry*. 2021;93(7):3273–3279.
3. Demircioglu N, Erdogan I, Ersoy YE, Abbasoglu AA. Raman spectroscopy for the non-invasive detection of glycated haemoglobin: A systematic review. *Advances in Clinical Chemistry*. 2019;88:71–90.
4. Zhang J, et al. Deep learning-based automatic detection of pulmonary nodules on CT images with TensorFlow. *Journal of X-Ray Science and Technology*. 2018;26(3):427–434.
5. Chen L, Wang J, Yan X, Chen H, Ni X. Non-invasive measurement of hemoglobin A1c using Raman spectroscopy. *Analytical Methods*. 2019;11(37):4743–4750.
6. Trenerry MI, et al. Validation of high-performance liquid chromatography assays for determination of glycated hemoglobin in diabetic studies. *Clinica Chimica Acta*. 1996;246(1–2):91–102.
7. Rüdiger S, Etzrodt T. Noninvasive Raman Spectroscopy Detection of Diabetes: Investigation of In Vivo Skin Perfusion and In Vitro Blood Samples. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2011;5(2):1153–1162. doi: 10.1177/19322968110050024
8. Rashid MM, et al. Exploring the Potential of Non-invasive Raman Spectroscopy in Monitoring Serum Glycated Haemoglobin in Patients with Type II Diabetes Mellitus. *Journal of Spectroscopy*. 2016;2016:1–10.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

\* Поликер Екатерина Ефимовна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9610-4511>;

e-mail: [katepoliker@gmail.com](mailto:katepoliker@gmail.com)

Земских Борис Леонидович;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1874-0157>;

e-mail: [boriama@yandex.ru](mailto:boriama@yandex.ru)

Косечкин Константин Александрович;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7309-2215>;

e-mail: [koshechkin\\_k\\_a@staff.sechenov.ru](mailto:koshechkin_k_a@staff.sechenov.ru)

## AUTHORS' INFO

\* Ekaterina E. Poliker;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9610-4511>;

e-mail: [katepoliker@gmail.com](mailto:katepoliker@gmail.com)

Boris L. Zemskikh;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1874-0157>;

e-mail: [boriama@yandex.ru](mailto:boriama@yandex.ru)

Konstantin A. Koshechkin;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7309-2215>;

e-mail: [koshechkin\\_k\\_a@staff.sechenov.ru](mailto:koshechkin_k_a@staff.sechenov.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author