

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВРАЧА-ФЛЕБОЛОГА С 3D-РЕКОНСТРУКЦИЕЙ ВЕН, СНАБЖЕННАЯ ГОЛОСОВЫМ ПОМОЩНИКОМ

Н. Р. Урманцева^а, Р. А. Чирко^б

Сургутский государственный университет, г. Сургут, Российская Федерация

^а ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9163-6132>, ✉ nel-u@yandex.ru

^б ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7581-918X>, chirko-99@mail.ru

Аннотация: в статье представлена интеллектуальная система комплексной поддержки принятия решений врача-флеболога, разработанная в рамках решения проблемы субъективности и несвоевременности диагностики хронических заболеваний вен нижних конечностей. Система реализована на языке Python и объединяет три ключевых функциональных модуля: 1) классификацию изображений с помощью сверточных нейронных сетей для определения класса патологии CEAP; 2) голосовой помощник на базе библиотек SpeechRecognition и pyttsx3 для структурированной диктовки протокола осмотра и выдачи клинических рекомендаций; 3) модуль 3D-реконструкции венозного русла из серии аксиальных срезов МРТ-исследования с количественной оценкой площади поперечного сечения нижней полой вены. Система позволяет повысить точность постановки диагноза, сократить время формирования протокола осмотра с 15 до 7 минут и обеспечить документирование без ручного ввода. Все компоненты протестированы на клинических данных и соответствуют требованиям современной неинвазивной флебодиагностики.

Ключевые слова: СППР, сверточная нейронная сеть, голосовой помощник, 3D-реконструкция, CEAP-классификация, DICOM.

Для цитирования: Урманцева Н. Р., Чирко Р. А. Интеллектуальная система поддержки принятия решений врача-флеболога с 3D-реконструкцией вен, снабженная голосовым помощником. *Успехи кибернетики.* 2026;7(1):138–142.

Поступила в редакцию: 20.01.2026.

В окончательном варианте: 25.03.2026.

VOICE-ENABLED INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR PHLEBOLOGY WITH 3D VEIN RECONSTRUCTION

N. R. Urmantseva^а, R. A. Chirko^б

Surgut State University, Surgut, Russian Federation

^а ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9163-6132>, ✉ nel-u@yandex.ru

^б ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7581-918X>, chirko-99@mail.ru

Abstract: we present an intelligent decision support system for phlebology that addresses subjectivity and delays in diagnosing chronic venous disease (CVD) of the lower extremities. We implemented the system in Python and integrated three modules. First, we used convolutional neural networks to classify images and determine the CEAP class. Second, we developed a voice interface based on the SpeechRecognition and pyttsx3 libraries to support structured dictation of examination reports and to generate clinical recommendations. Third, we reconstructed the venous system in 3D from axial MRI slices and performed a quantitative assessment of the cross-sectional area of the inferior vena cava (IVC). The system improves diagnostic accuracy, reduces report preparation time from 15 to 7 minutes, and enables documentation without manual entry. We tested all components on clinical data, and the system meets the requirements of modern non-invasive phlebology.

Keywords: decision support system, convolutional neural network, voice assistant, 3D reconstruction, CEAP classification, DICOM.

Cite this article: Urmantseva N. R., Chirko R. A. Voice-Enabled Intelligent Decision Support System for Phlebology with 3D Vein Reconstruction. *Russian Journal of Cybernetics.* 2026;7(1):138–142.

Original article submitted: 20.01.2026.

Revision submitted: 25.03.2026.

Введение

По данным Министерства здравоохранения России, варикозом нижних конечностей страдают примерно 40% взрослых россиян в возрасте от 18 до 50 лет [1]. Существующая система диагностики

хронических заболеваний вен, основанная на международной классификации CEAP, нередко приводит к неправильной классификации степени тяжести венозной патологии и, как следствие, к оперативному вмешательству в тех случаях, когда в нем не существует необходимости [2]. В условиях высокой загрузки врача-флеболога возникает необходимость в интеллектуализации и автоматизации как результатов неинвазивных исследований, так и электронного документооборота на приеме.

Современные подходы к решению этой задачи включают использование методов искусственного интеллекта, в частности сверточных нейронных сетей (CNN), для анализа медицинских изображений [3]. Однако большинство существующих решений ограничивается только распознаванием образов без интеграции в клинический рабочий процесс. Представленная система устраняет разрыв между потребностями отрасли и возможностями современных технологий за счет синергии трех компонентов: компьютерного зрения, обработки человеческой речи и 3D-визуализации.

Модульная структура интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача-флеболога

Интеллектуальная система поддержки принятия решений (ИСППР) врача-флеболога состоит из трех взаимосвязанных модулей (рис. 1).

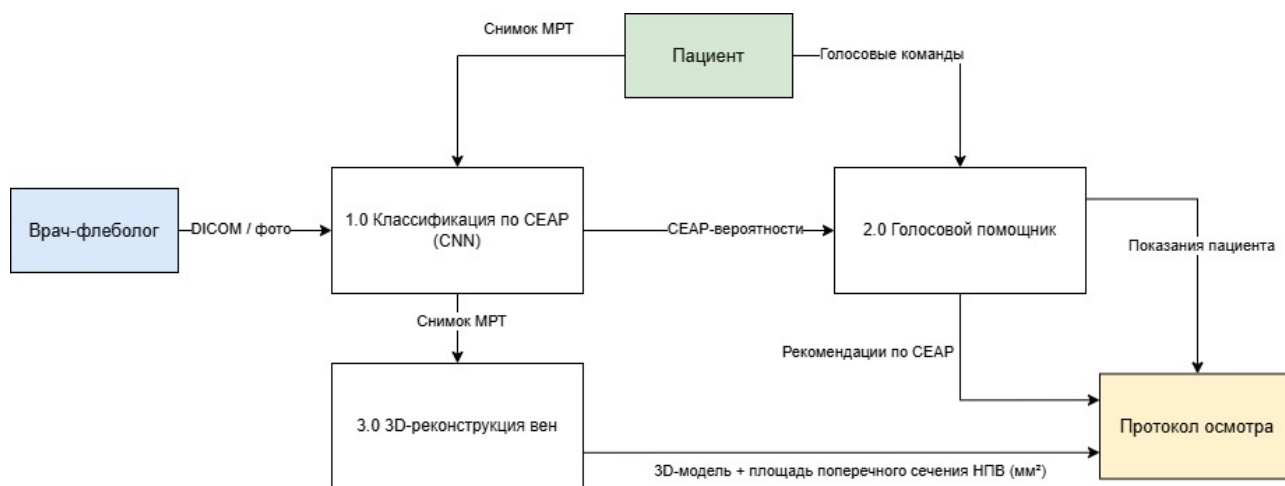


Рис. 1. Структурная схема ИСППР

1. Модуль классификации изображений.

Поддерживает два типа входных данных: результаты МРТ-исследования в формате DICOM и фотографии ног.

Использует две предобученные CNN-модели:

- keras_model.h5 — для классификации патологии согласно CEAP C1–C3, C6 по DICOM-файлам;
- keras_model_15.h5 — для расширенной классификации C1–C6 по фото.

Перед подачей в модель изображение приводится к размеру 512×512 пикселей (96×96 dpi). Для увеличения точности распознавания снимков CNN:

- для DICOM-изображений применяется авторский метод увеличения контрастности: насыщенность $n = 60$, контраст $k = 10$, автоулучшение $a = 10$;
- для фотографий ног — авторский метод приведения изображений к черно-белому формату: насыщенность $n = 90$.

2. Голосовой помощник (рис. 2).

Реализован на базе SpeechRecognition (Google Web Speech API) и pyttsx3.

Поддерживает диктовку и формирование структурированного протокола осмотра: жалобы, анамнез заболевания, анамнез жизни, УЗАС, диагноз, выполнено, рекомендации.

Автоматически объединяет отдельные docx-файлы в единый протокол Protokol.docx.

По команде «Выдай рекомендации по C1/.../C6» генерирует клинические рекомендации, соответствующие клиническим протоколам РФ (компрессия, ЭВЛК, склеротерапия и др.).

Сокращает время формирования протокола осмотра с 15 до 7 минут, аналогично [4].

3. Модуль 3D-реконструкции.



Рис. 2. Алгоритм работы голосового помощника

Использует библиотеку *vedo*.

Принимает на вход папку с серией PNG/JPG-изображений, полученных путем конвертации аксиальных срезов DICOM в соответствующий формат.

Выполняет стыковку срезов и визуализацию объемной модели.

Рассчитывает площадь поперечного сечения нижней полой вены (НПВ) по формуле:

$$A = N \cdot \delta^2,$$

где N — число ненулевых пикселей, $\delta = 0.5$ мм/пиксель — масштаб, характерный для аксиальных срезов МРТ-исследования НПВ.

Графический интерфейс реализован с использованием PySide6. Пользователь взаимодействует с системой через кнопки:

- «DICOM» и «Фото ног» — запуск процесса распознавания медицинского изображения с целью классификации по CEAP;
- «Правило Ру» — расчет выполнимости правила Ру для НПВ конкретной анатомии [5];
- «3D Модель» — открытие окна для выбора папки с аксиальными срезами НПВ для дальнейшей реконструкции 3D-модели НПВ;
- «Ассистент» — активация голосового помощника.

Результаты и анализ

Результаты классификации отображаются в виде кастомных прогресс-баров с подписями C1–C6 и процентами уверенности модели.

Для обучения моделей использован датасет из 1287 изображений следующих классов CEAP:

- C1 – 180 изображений;
- C2 – 930;
- C3 – 81;
- C6 – 96.

Достоверные размеченные изображения клинических классов C4 и C5 отсутствовали.

На независимой тестовой выборке (по 10 изображений на класс) усредненная уверенность составила:

- C1: 86.1 %;
- C2: 90.1 %;
- C3: 97.4 %;
- C6: 96.8 %.

Заключение

Разработанная интеллектуальная система решает три ключевые задачи современной флебологии:

1. Объективизация CEAP-классификации с использованием CNN.
2. Автоматизация медицинского документооборота через голосовой интерфейс.
3. Количественная 3D-оценка анатомии вен.

Система полностью реализована в виде автономного Python-приложения [6] с современным графическим интерфейсом (рис. 3), совместимым с различными разрешениями экрана.

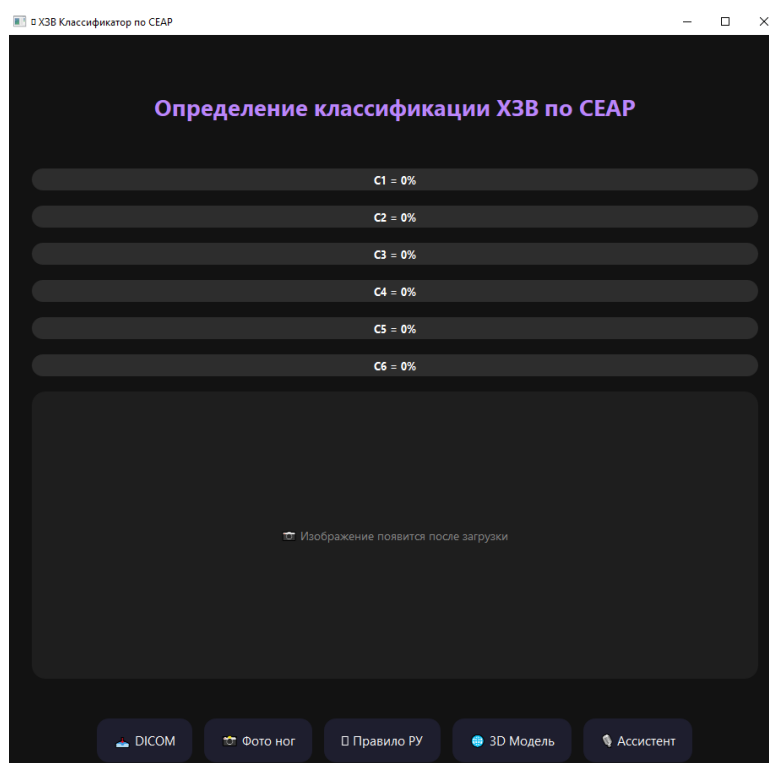


Рис. 3. Главная рабочая область ИСППР

Предусмотрена возможность дальнейшего перехода на веб-платформу (Flask + TensorFlow.js) и интеграции с PACS. Тестирование подтвердило высокую точность распознавания и значительное сокращение времени приема. Таким образом, система может быть рекомендована к внедрению в амбулаторную практику флебологических центров [7, 8].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Клинические рекомендации. Варикозное расширение вен нижних конечностей* : утверждены Министерством здравоохранения РФ 13.09.2024. М., 2024. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/680_2.
2. Чирко Р. А., Урманцева Н. Р. Интеллектуальная система комплексной оценки состояния вен нижних конечностей пациента. *Тезисы XXIV Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям, Красноярск, 23–27 октября 2023 года*. Новосибирск: Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий; 2023:62.
3. Litjens G., Kooi T., Bejnordi B. E., Setio A. A. A., Ciompi F., Ghafoorian M., van der Laak J. A. W. M., van Ginneken B., Sánchez C. I. A Survey on Deep Learning in Medical Image Analysis. *Med Image Anal.* 2017;42:60–88. DOI: 10.1016/j.media.2017.07.005.
4. Кручинский А., Воробьев А. *Первый и пока единственный «голосовой ассистент» установили в Иркутской городской больнице № 8*. Режим доступа: <https://vestiirk.ru/news/pervyi-i-poka-edinstvennyi-golosovoi-assistent-ustanovili-v-irkutskoi-gorodskoi-bolnitse-no-8/>.
5. Murray C. D. The Physiological Principle of Minimum Work Applied to the Angle of Branching of Arteries. *Journal of General Physiology.* 1926;9(6):835–841.
6. Устинов Е. Е., Бужинская Н. В. Разработка программы с голосовым управлением на языке Python. *Тенденции развития науки и образования.* 2023;99-7:90–93.
7. Gorbunov N., Kuleshova V., Korzhuk V. Organizational and Law Aspects of Medical Information Systems. *International Research Journal.* 2024;4:11. DOI: 10.23670/IRJ.2024.142.38.
8. Ларина И. А., Михеев А. Е., Ованесян А. А. Подходы к повышению безопасности пациентов средствами МИС. *Врач и информационные технологии.* 2020;S5:24–35. DOI: 10.37690/1811-0193-2020-5-24-35.