

## Гибридная многокомпонентная архитектура с дистилляцией знаний для точного и эффективного обнаружения серповидноклеточных эритроцитов

**Источник:** Frontiers in Digital Health

**Оригинал:** <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2026.1938284>

edge computing

гематология

диагностика

дистилляция знаний

компьютерное зрение

серповидноклеточная анемия

Точное и своевременное выявление серповидных эритроцитов оказывает значительное влияние на лечение пациентов. Разработка системы компьютерного зрения, которая является одновременно легкой и ресурсоэффективной, важна для обеспечения работы приложений на основе периферийных устройств (edge-based) в реальном времени в условиях ограниченных ресурсов здравоохранения. В данном исследовании предлагается гибридная система обнаружения серповидных клеток, использующая би-легковесное обучение с дистилляцией знаний (Knowledge Distillation, KD), направляемое сверточными нейронными сетями (CNN). Подход комбинирует два легковесные модели-студента из различных учительских сетей с классификаторами машинного обучения (ML) для идентификации серповидных клеток с высокой точностью и эффективностью.

С использованием слоев глубинной сепарабельной свертки (depthwise separable convolution) создаются легковесные модели, которые радикально снижают сложность модели. Эти легковесные модели улучшаются за счет извлечения знаний из высокопроизводительных учительских сетей, таких как

MobileNetV2 и DenseNet121. С помощью этой техники обучения с дистилляцией знаний легковесные модели могут улучшать свои репрезентативные способности без увеличения вычислительной сложности.

Для улучшения показателей принятия решений модели-студенты с двойной дистилляцией знаний комбинируются с классификаторами K-ближайших соседей (KNN) машинного обучения, создавая гибридный ансамбль, который объединяет преимущества классификации на основе ML с двойной экстракцией признаков на основе CNN, направляемой дистилляцией знаний. Для обучения и валидации предлагаемой системы используется набор данных «Sickle Cell Disease Dataset» (Набор данных о серповидноклеточной болезни).

Затем обученные модели-студенты конвертируются в формат TensorFlow Lite (TFLite) с использованием квантования Float32 для дальнейшего снижения вычислительной сложности. В сочетании с двойными моделями CNN, направляемыми дистилляцией знаний, и классификатором KNN, предлагаемая гибридная модель достигает высокой точности классификации 95,45% и показателя F1 (F1-score) 95,02%, оставаясь при этом компактной и занимая всего 3,96 МБ.

Развертывание и оценка системы на ресурсоограниченном устройстве Raspberry Pi 4 Model B демонстрируют ее потенциал для приложений реального времени, основанных на периферийных вычислениях, и для использования в точках оказания медицинской помощи (point-of-care).

---

Перевод выполнен: 29.09.2026 | ai4med.ru

Машинный перевод. Рекомендуем сверять с оригиналом при клиническом использовании.