

# Глубокое обучение для обнаружения и классификации внутричерепных кровоизлияний на КТ-снимках мозга: систематический обзор и гибридный подход

**Источник:** Frontiers in Digital Health

**Оригинал:** <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2026.1703634>

диагностика

компьютерная томография

неврология

нейросети

объяснимый ИИ

радиология

систематический обзор

## Введение

Внутричерепное кровоизлияние (ВЧК) представляет собой угрожающее жизни неотложное состояние, требующее быстрой и точной диагностики. Компьютерная томография без контраста (КТ) остается основным методом визуализации для выявления острого кровоизлияния. В последние годы методы машинного обучения (МО) и глубокого обучения (ГО) привлекают все большее внимание для автоматизированного выявления и классификации ВЧК и его подтипов. Настоящее систематическое обобщение направлено на консолидацию и критический анализ современных методов машинного обучения и глубокого обучения, применяемых для выявления и классификации ВЧК по данным КТ без контраста.

## Методы

Было проведено комплексное исследование опубликованных работ, сфокусированное на моделях МО и ГО, разработанных для выявления ВЧК и его подтипов, включая эпидуральное, субдуральное, интрапаренхиматозное, интравентрикулярное и субарахноидальное кровоизлияния. Рассмотренные

методики включают традиционные сверточные нейронные сети (СНС), трехмерные сверточные нейронные сети, гибридные и ансамблевые архитектуры, а также перспективные архитектуры на основе трансформеров. Были изучены стратегии предобработки, такие как оконное отображение по единицам Хаунсфилда, удаление черепа и аугментация данных. Кроме того, были оценены подходы объяснимого искусственного интеллекта (ОИИ), включая Grad-CAM, для повышения интерпретируемости моделей.

## **Результаты**

Недавние исследования демонстрируют многообещающие диагностические показатели в рамках различных архитектур глубокого обучения, с улучшенной чувствительностью и специфичностью для классификации подтипов. Гибридные и модели на основе трансформеров показывают улучшенные возможности представления признаков. Методы предобработки и объяснимости вносят значительный вклад в устойчивость моделей и их клиническую интерпретируемость.

## **Заключение**

Модели машинного обучения и глубокого обучения демонстрируют значительный потенциал в автоматизированном выявлении и классификации ВЧК по данным КТ без контраста. Однако остаются проблемы, касающиеся обобщаемости, гетерогенности наборов данных и клинической валидации. Будущие исследования должны делать акцент на многоцентровой валидации в крупных масштабах, интерпретируемости моделей и интеграции в реальные клинические рабочие процессы для обеспечения эффективного внедрения в рутинную практику нейровизуализации.