

Аппаратно-ориентированная CNN с дистилляцией знаний для классификации ангиографических признаков бляшек в реальном времени на FPGA

Источник: Frontiers in Digital Health

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2026.1847917>

CNN

FPGA

диагностика

дистилляция знаний

кардиология

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) является одной из ведущих причин глобальной смертности, что обуславливает необходимость точной оценки стеноза коронарных артерий и связанных с бляшками ангиографических признаков по данным коронарной ангиографии. Хотя диагностические модели на основе глубокого обучения продемонстрировали высокую прогностическую способность, их развертывание на встраиваемых платформах с ограниченными ресурсами остается сложной задачей из-за вычислительной сложности и требований к памяти. Для преодоления этих ограничений в данном исследовании предлагается аппаратно-ориентированная структура на основе дистилляции знаний, которая переносит дискриминативные знания от высокопроизводительной сети-учителя к легковесной сверточной нейронной сети (CNN). Предложенная структура объединяет локализацию связанных с бляшками ангиографических признаков на программном уровне с оптимизацией, ориентированной на FPGA. При разделении данных на 90% для обучения и 10% для тестирования предложенная модель достигла точности 98,64%, прецизионности 99,06%, полноты 97,82%, PPV 0,99, NPV 0,98, MCC 0,96 и AUC 0,9940. При 10-кратной перекрестной валидации модель достигла средней точности $97,53\% \pm 0,27\%$, прецизионности 97,82%, полноты 96,94%, PPV 0,98, NPV 0,97, MCC 0,95 и среднего AUC 0,9897, что подтверждает высокую устойчивость предложенной модели. Для аппаратной реализации оптимизированная студенческая CNN была развернута на FPGA Xilinx Zynq

UltraScale+ MPSoC с использованием инструментария Vitis High-Level Synthesis (HLS). Реализованный ускоритель достиг задержки вывода на уровне ядра 10,6 мкс и пиковой пропускной способности ядра на кристалле приблизительно 94 339 выводов/с, сохраняя сбалансированное использование аппаратных ресурсов и низкое энергопотребление. В целом, предложенная структура демонстрирует точную классификацию связанных с бляшками ангиографических признаков с эффективным развертыванием на FPGA.

Перевод выполнен: 05.09.2026 | ai4med.ru

Машинный перевод. Рекомендуем сверять с оригиналом при клиническом использовании.