Исследование легковесного дистиллирования знаний с состязательными атаками для эффективной сегментации коронарных артерий

Источник: Frontiers in AI — Medicine

Оригинал: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2026.1891993

диагностика | дистиллирование знаний | кардиология | сверточные нейронные сети | сегментация изображений

Введение

Сегментация сосудов имеет важное значение для диагностики коронарной атеросклеротической болезни сердца. Хотя глубокие обучающиеся сети достигли значительных успехов в сегментации коронарных сосудов, существующие методы на основе глубокого обучения все еще сталкиваются с огромными вычислительными затратами, переобучением в условиях малых выборок и традиционными функциями потерь, которые не способны сбалансировать дисбаланс классов и топологическую непрерывность сосудов.

Метод

Для решения этих ограничений мы предлагаем KDLight — новую легковесную фреймворк дистилляции знаний с состязательной атакой, предназначенный для сегментации сосудов коронарной артерии. Предлагаемая фреймворк включает три компонента: модуль состязательного атакующего, генератор и модуль дистилляции знаний. В частности, мы сначала внедряем модуль состязательной атаки с черным ящиком (black-box attacker) перед генератором. Он способен генерировать значимые возмущения и

состязательные примеры на протяжении всего процесса обучения, что способствует повышению способности модели к обобщению и снижению переобучения. Дополнительный модуль дистилляции знаний состоит из подсетей уточнения учителя и студента. Модуль дистилляции сходства на уровне признаков и модуль дистилляции сходства на уровне пикселей реализуются соответственно для извлечения признаков и сегментации сосудов. В отличие от существующих парадигм дистилляции знаний, наш модуль учителя представляет собой сеть сегментации, которая использует больше входных данных для эффективного захвата распределений шума и дальнейшего уточнения предсказаний сегментации во время обучения. Приобретенные знания впоследствии передаются модулю студента через модуль дистилляции сходства на уровне признаков, что позволяет студенту генерировать улучшенные результаты сегментации.

Результаты

Обширные эксперименты, проведенные на Наборе данных 1 и Наборе данных 2, показывают, что LightKD превосходит по способности к обобщению и превосходит современные подходы в различных задачах сегментации коронарных сосудов. Важно отметить, что эти улучшения производительности статистически подтверждены последовательными значениями p, меньшими 0,05.

Обсуждение

Сравнительные эксперименты с недавними методами сегментации на основе дистилляции знаний показывают, что KDLight достигает конкурентоспособной точности при значительно меньшем количестве операций с плавающей запятой (FLOPs) и количестве параметров. Кроме того, конвейер хорошо обобщается на различные архитектуры энкодеров студента, подтверждая, что его можно переносить на разные легковесные архитектуры. В будущей работе мы будем собирать дополнительные многосторонние данные ангиографии, чтобы уменьшить разрыв между доменами и дополнительно улучшить обобщение между наборами данных.

Перевод выполнен: 31.10.2026 | ai4med.ru

Машинный перевод. Рекомендуем сверять с оригиналом при клиническом использовании.