

ЭхоКГ

Анализ данных/датасета и разработка базовой системы

Постановка задачи

Задача: Создание набора данных для разработки ИИ-сервиса, повышающего качество кардиологической диагностики.

Данные: Серии снимков (видео) эхокардиограмм сердца в проекции PLAX.

Характеристики:

Количество исследований: 2061

Количество примеров:

4859 кадров с разметкой состояния

3794 файлов с разметкой морфометрических показателей

Предсказываемые результаты:

- Состояние сердца на кадре (систола/диастола)
- Измерение основных морфометрических показателей в состоянии систолы/диастолы

Предсказываемые морфометрические измерения:

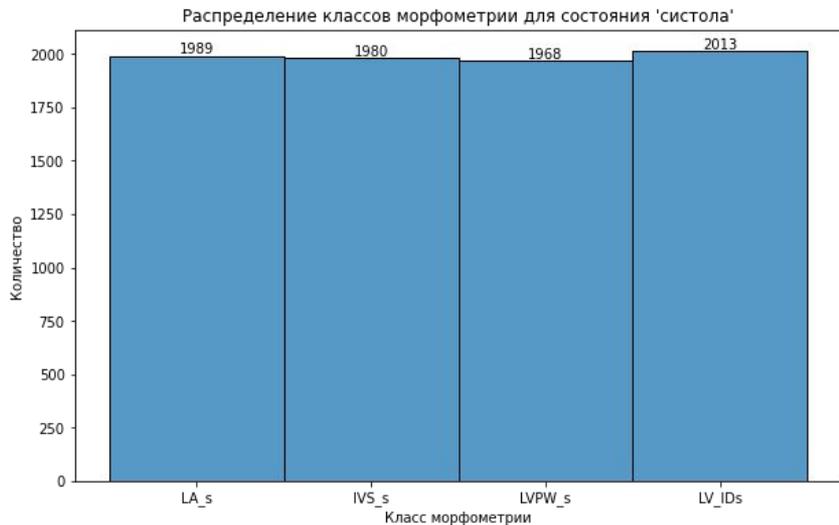
Систола: IVS_s, LA_s, LVPW_s, LV_IDs

Оси: LA_axis, LV_axis

Диастола: RVOT_d, LVPW_d, LV_IDd, b_IVS_d, m_IVS_d

Оси: LV_axis

Статистика по данным



Распределение разметки морфометрии показывает, что имеются случаи пропусков разметки морфометрии на кадрах.

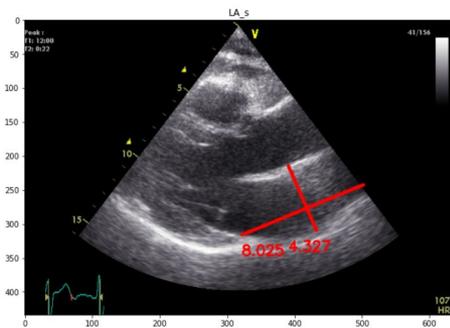
Параметр	Основной набор	Золотой набор
Количество исследований	2061	141
Количество кадров	104267	20881

Предварительный анализ данных

- Золотой набор полностью выделен из основного набора (com_tasks)
- Дубликаты: 296 пар исследований
- 39 исследований обладают “сломанными” кадрами
- 5 исследований обладают проблемой конвертации цветового пространства (YCbCr)
- 114 исследований имеют расхождения между файлами исследований и кадрами
- 1042 кадра содержат личные данные пациентов
- 82 аннотаций для классов морфометрии содержат ошибки
 - Дублирование точек: 12 аннотаций (вместо 4х точек стоит 6)
 - Опечатки (линии разных классов имеют одно название): 23 аннотации
 - Дубликаты: 10 аннотаций
 - Оси размечены как классы: 22 аннотации
 - Очень короткие линии: 15 аннотаций
- 84 кадра содержат коллизии в аннотациях (разметка состояния и разметка морфометрических классов противоречат друг другу)
- 3 исследования имеют в течении всей длины повторение одного и того же кадра
- 1 кадр имеет поставленные сразу и систолу и диастолу

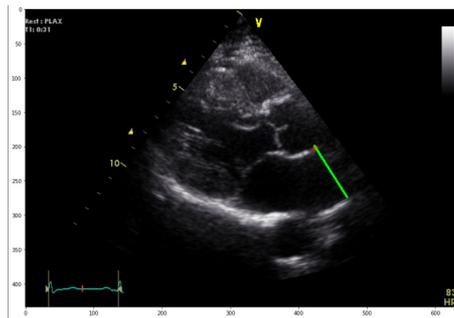
Аномалии в разметке

Оси размечены как классы



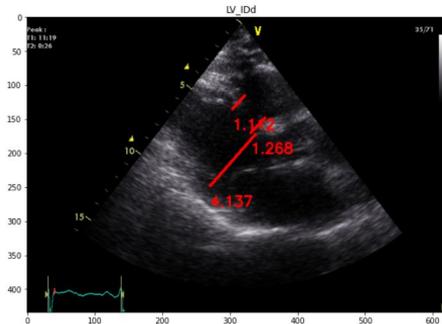
1321/data/1532__008.png

Очень короткие линии



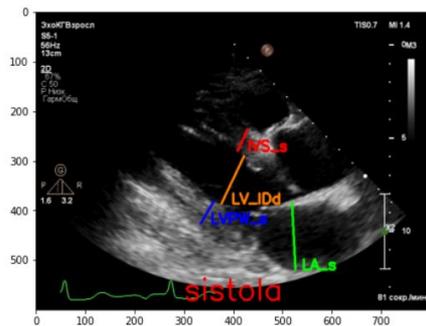
470/data/0430__012.png

Опечатки в разметке

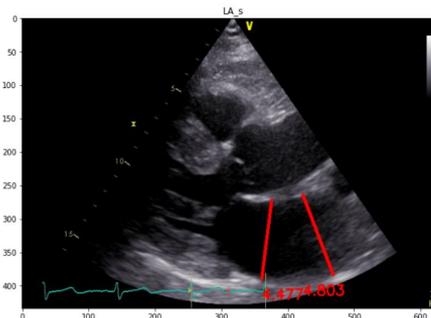


1171/data/1382__002.png

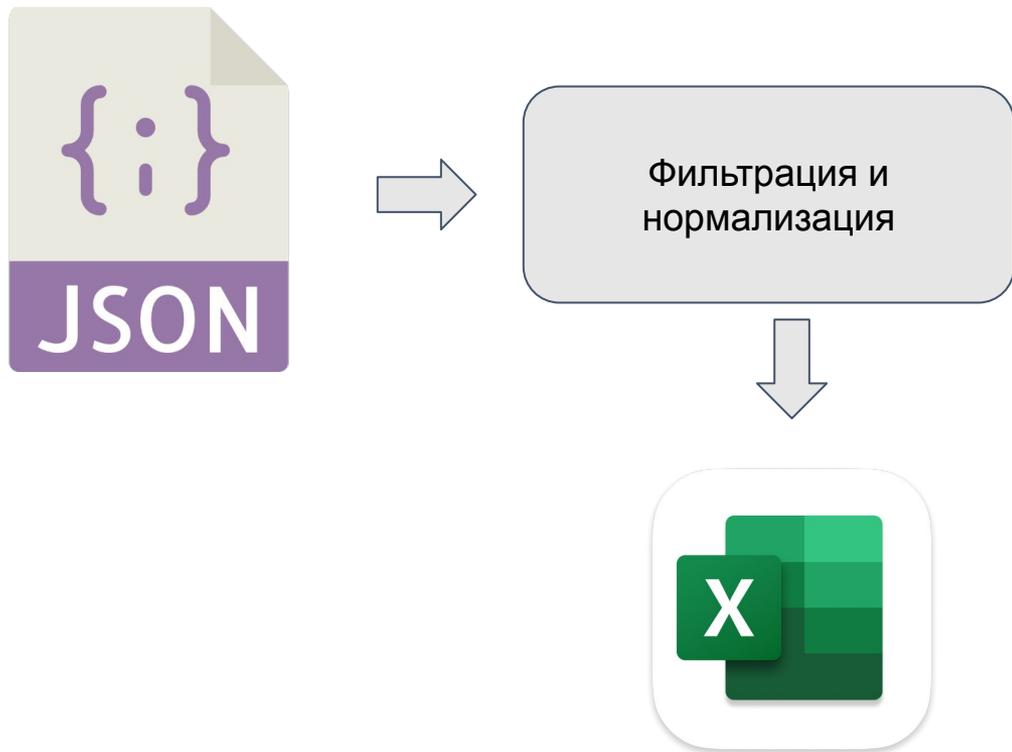
Коллизии в разметке



Для одного класса несколько разметок



Предобработка



Фильтрация неразмеченных состояний

Исключение из обучения кадров, которые отстают от размеченных кадров более чем на **16 кадров** (средняя дистанция между систолой и диастолой по датасету)

Всего отфильтровано ~30000 кадров/100000 кадров (30 %)

Приведение к единому размеру с учетом соотношения сторон

Изменение размера изображения с сохранением соотношения сторон и заполнением фона

Исключение предсистолических состояний

Изменены 24 кадра, в которых установлена разметка LVOT_d и стоит состояние systola

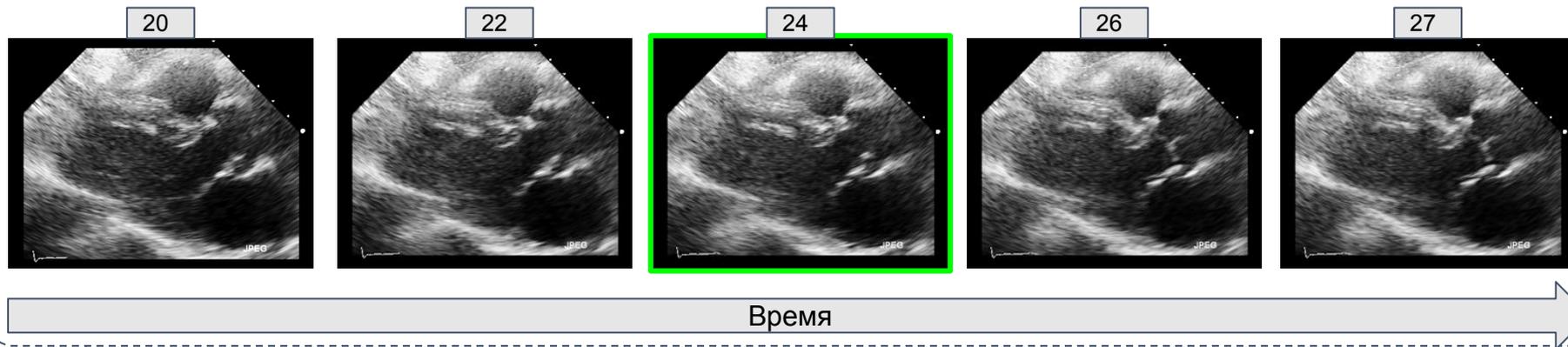
Нормализация расположения точек объектов

Анализ и изменение порядка точек для описания линий. Порядка 50% линий имели инвертированное направление от одной точки к другой

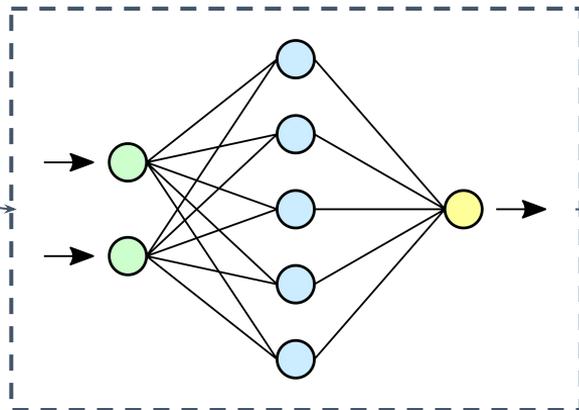
Аугментации (для обучения)

- Шумовые искажения (Gauss, Median)
- Масштабирование, сдвиг
- Размытие кадра

Архитектура подхода определения состояния



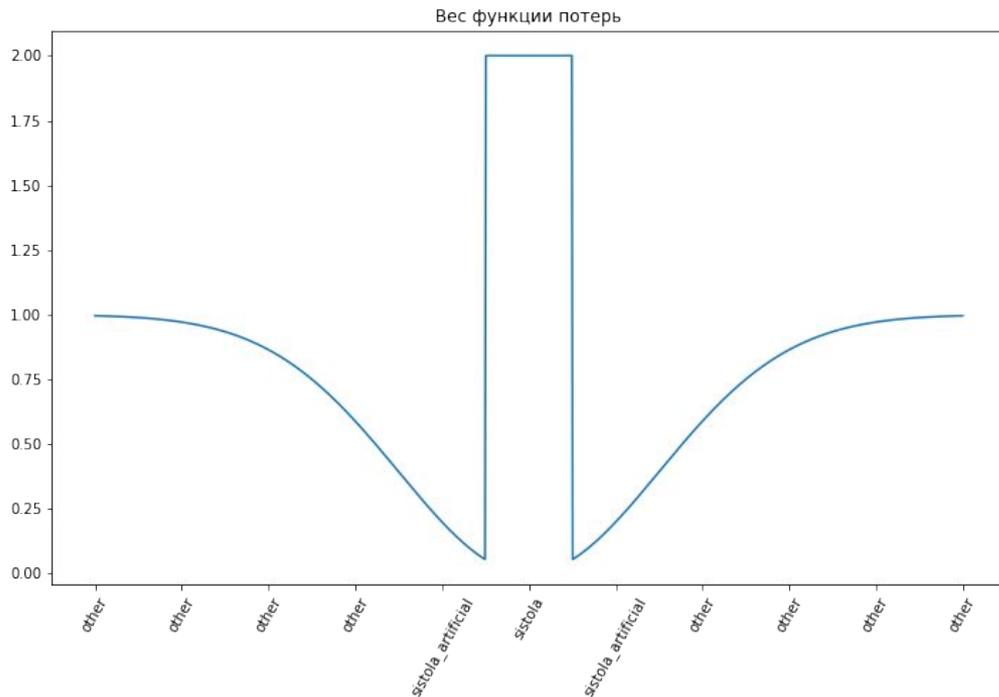
ResNet34



Класс состояния

- **Систола**
- Диастола
- Другое

Вариация разметки (модификация обучения)



Трудно однозначно сказать, на каком конкретно кадре нужно установить систолу/диастолу, поэтому ближайшие кадры являются похожими на основное состояние.

Для стабилизации обучения были добавлены следующие изменения:

- Вес функции потерь формируется на основе дистанции от реальной разметки. Так, ошибки около систолы не считаются критическими
- Ближайшие кадры с систолой искусственно отмечают тем же классом
- Сам размеченный кадр имеет увеличенный вес для поднятия уровня уверенности в точке истинной разметки

Результаты работы модели

max_distance	0	3	5	10
precision_sistola	0.135	0.677	0.810	0.869
recall_sistola	0.147	0.756	0.909	0.980
f1_sistola	0.141	0.715	0.856	0.921
precision_diastola	0.065	0.610	0.773	0.825
recall_diastola	0.074	0.691	0.882	0.946
f1_diastola	0.069	0.648	0.824	0.881
precision_other	0.957	0.986	0.995	0.998
recall_other	0.952	0.980	0.988	0.991
f1_other	0.955	0.983	0.992	0.995

СМ для расстояния 5			
	sistola	diastola	other
sistola	179	0	18
diastola	0	180	24
other	42	53	8029

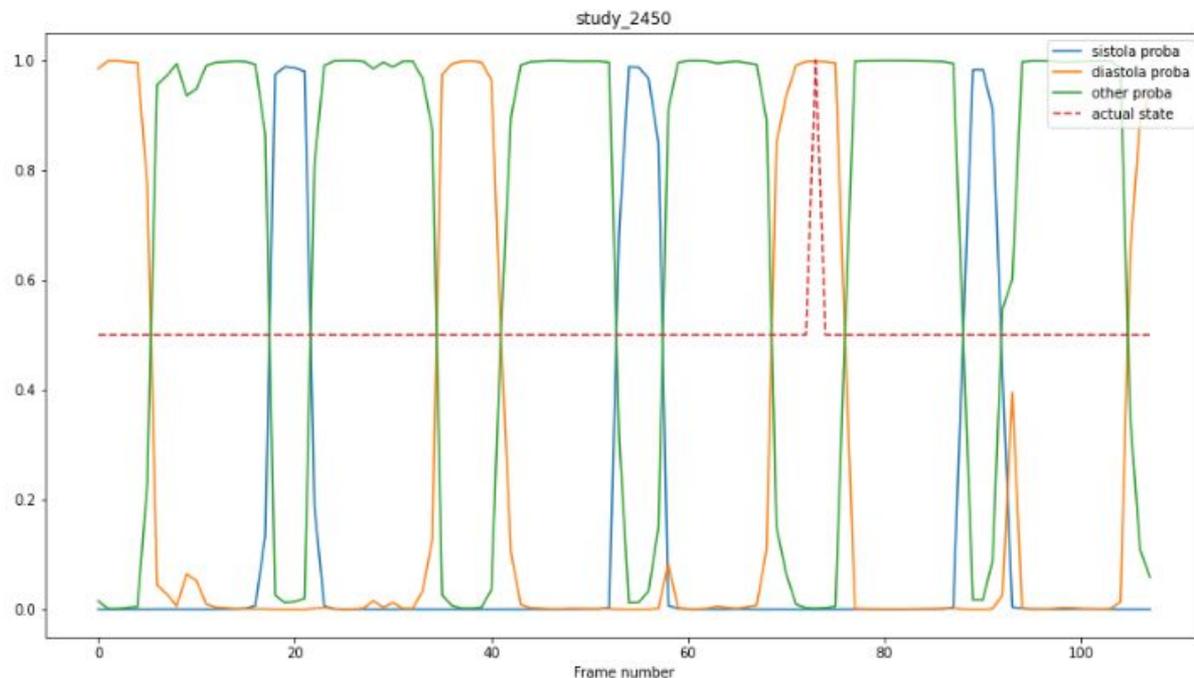
Оценка проведена только на тех частях тестовых данных, которые содержат разметку.

Результаты работы модели

Study shape: (108, 52)

Study ID: 2450

100% ██████████ | 108/108 [00:05<00:00, 18.40it/s]



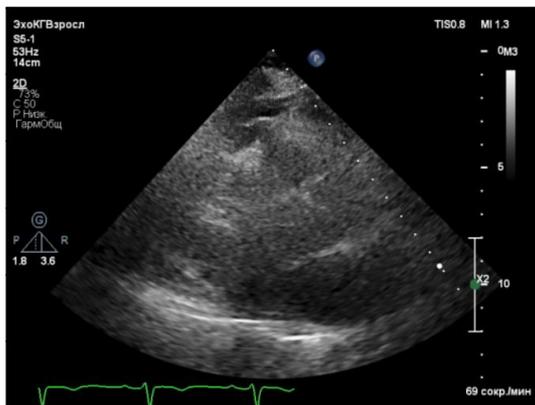
Как видно, модель на тестовых данных предсказывает больше состояний (сплошная линия - синий и оранжевый цвет), чем установлено в разметке (пунктирная).

Это говорит о способности модели обобщать информацию.

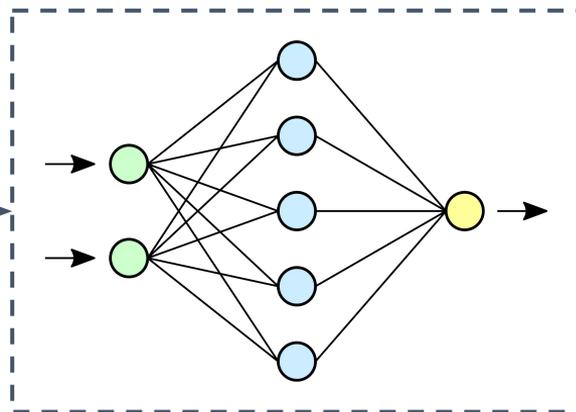
Тем не менее, модель требует постобработки, так как видно, что уверенность распределена на несколько кадров.

Архитектура подхода измерения морфометрии

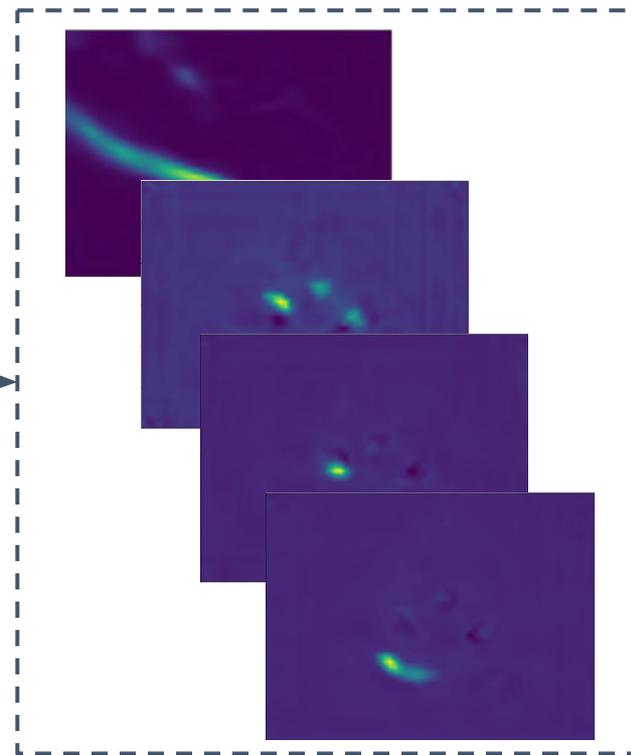
Исходный кадр



AtrousInception3



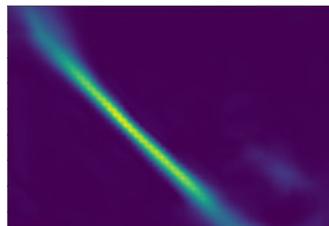
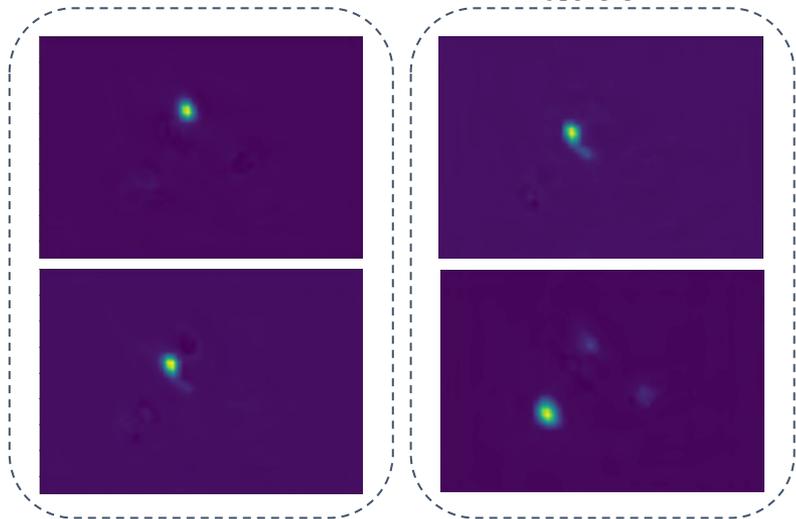
Набор тепловых карт



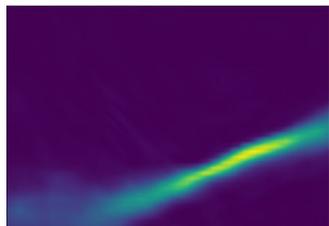
Результаты работы модели

Класс 1

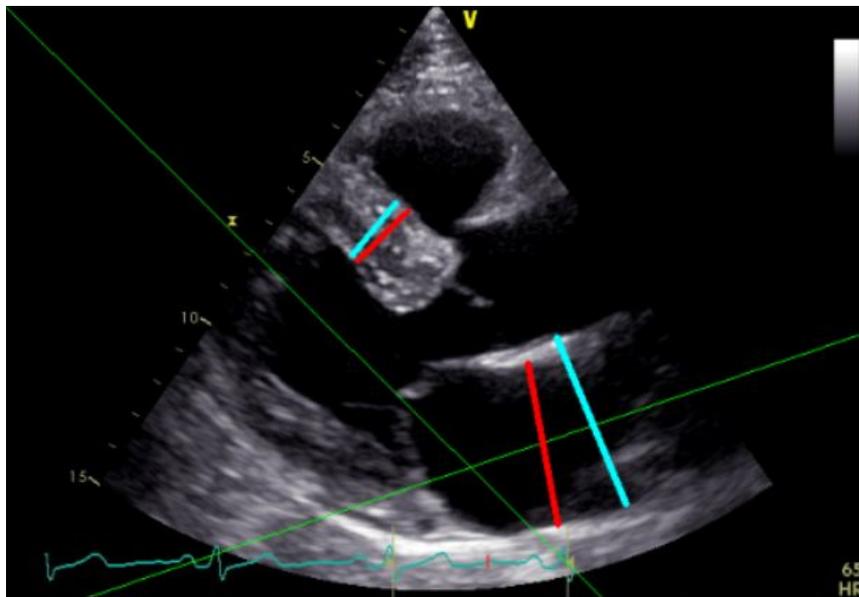
Класс 2



Ось 1



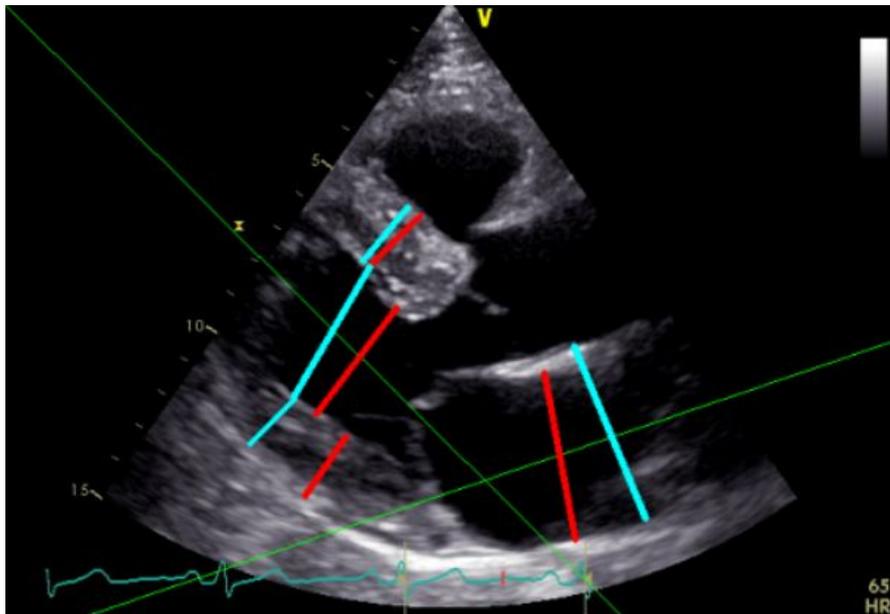
Ось 2



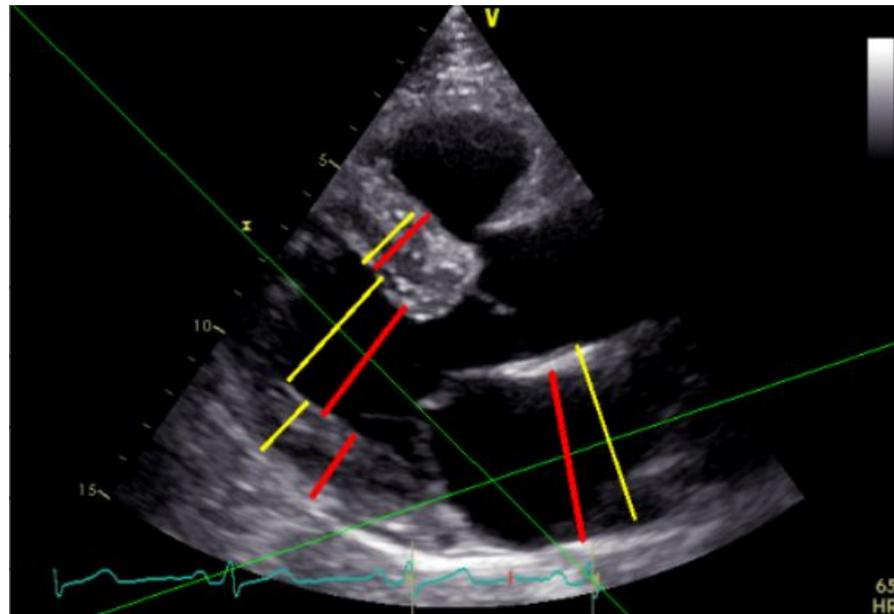
Бирюзовые линии = предсказанные линии
Красные линии = истинная разметка
Зелёная линия = предсказанная ось

Результаты работы модели с коррекцией

Предсказанные линии



С коррекцией



Представлен базовый вариант, для улучшения требуется уточнение по бизнес-задаче и больше времени.

Результаты работы модели

Классы диастолы

MAE (см)	Без коррекции	С коррекцией
m_IVS_d	0.2	0.31
b_IVS_d	0.16	0.2
LV_IDd	0.43	0.52
LVPW_d	0.34	0.44
RVOT_d	0.25	0.26

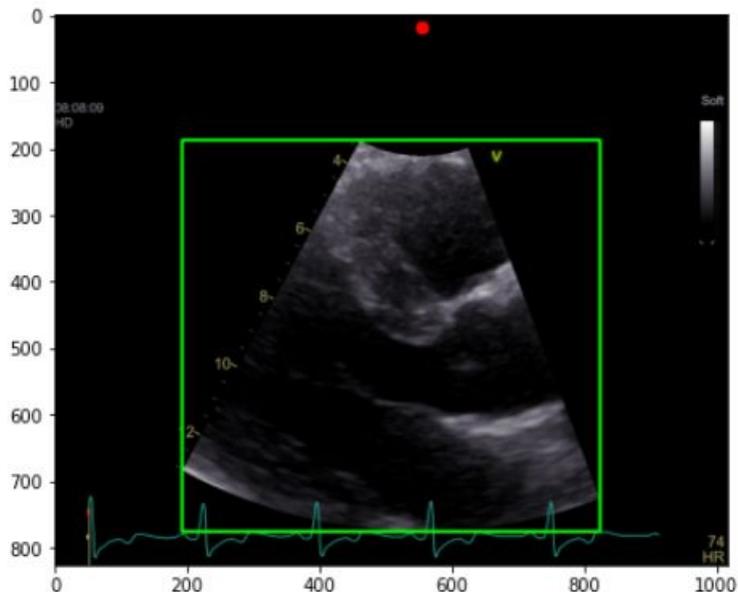
Классы систолы

MAE (см)	Без коррекции	С коррекцией
IVS_s	0.45	0.48
LVPW_s	0.38	0.66
LV_IDs	0.41	0.54
LA_s	0.56	0.52

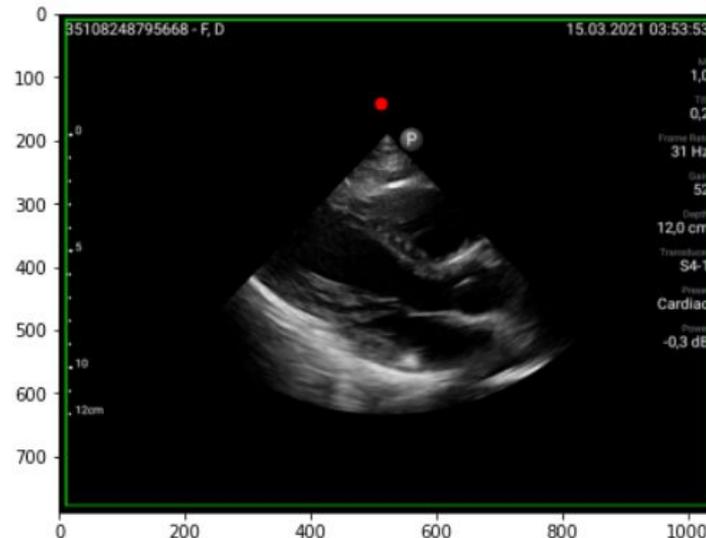
Варианты на будущее улучшение модели

- Учет дискретности данных по пространственному признаку (x и y оси) для стандартизации данных
- Учет дискретности данных по временному признаку (fps) для стандартизации данных
 - Порядка 700 DCM не имели информации об FPS
- Проработка вопроса коррекции интенсивностей снимка (нормализация) для стандартизации данных
- Очистка снимка от лишней информации путем маскирования региона конуса
- Уточнение фильтрации снимков по качеству для очистки обучающих данных
- Разработка уточняющей модели установки точек для морфометрии на основе максимального разрешения
- Разработка дополнительных методов постобработки для коррекции предсказаний (как состояния, так и измерений)
- Применение архитектур “позднего связывания”, когда каждый кадр по-отдельности обрабатывается моделью и после объединяются во временную последовательность

Пример опорных точек из DICOM



2843/data/975s75733mIMG-0133-00001__0219.png
Reference Point: [555 -98]



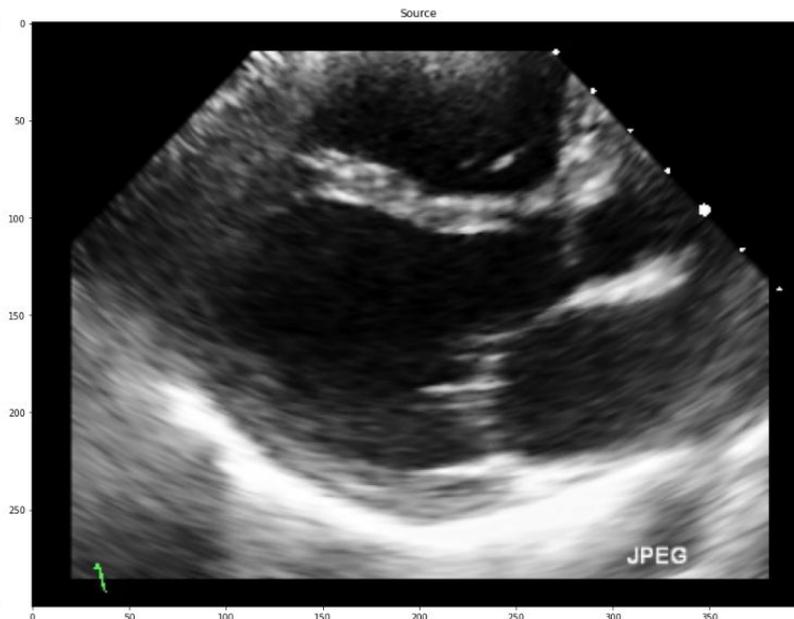
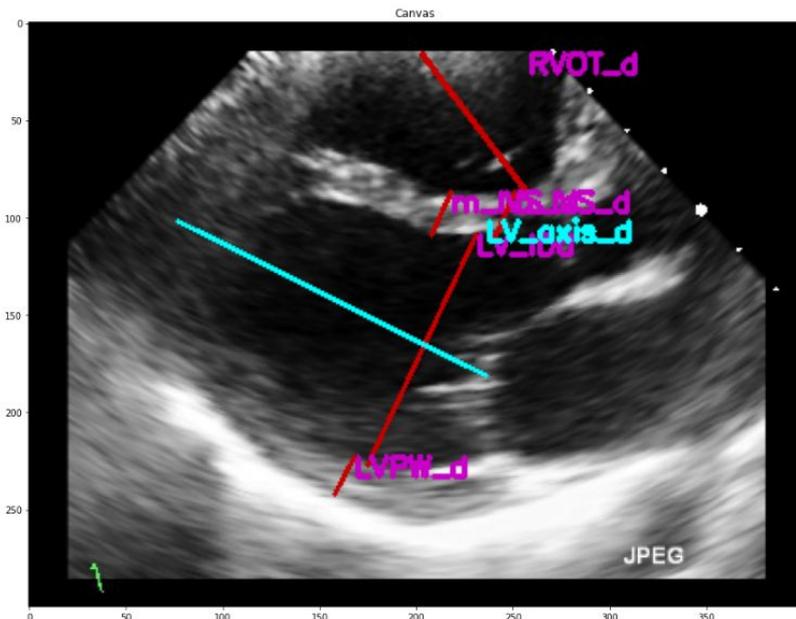
468/data/0428__056.png
Reference Point: (512, 144)

Выводы по данным

- Обученные модели показывают применимость данных в-целом для решения поставленной задачи на определенном уровне точности приведенном ранее в презентации
- Коррекция расхождений DCM и PNG, а также валидация наличия всей необходимой метаинформации позволит совершенствовать методы обработки данных
- Проверка и коррекция разметки состояний может улучшить точность работы модели определения состояния
- Разметка полных записей (сетов) позволит более полно проводить оценку и улучшить понимание аспектов работы модели определения состояния
- Совершенствование разметки путем сегментации анатомии сердца позволит расширить спектр применяемых подходов как анализа состояний, так и морфометрии
- Сведение информации по методологии разметки и корректности установки измерений позволит лучше понимать критичность ошибок модели и улучшит качество анализа модели
- Сведение информации по методологии анализа качества снимка позволит улучшить анализ качества данных, что в перспективе позволит отфильтровывать снимки низкого качества для коррекции набора данных для обучения, таким образом увеличив качество работы моделей
- Увеличение количества примеров позволит стабилизировать модель и увеличить точность

Вопросы по данным

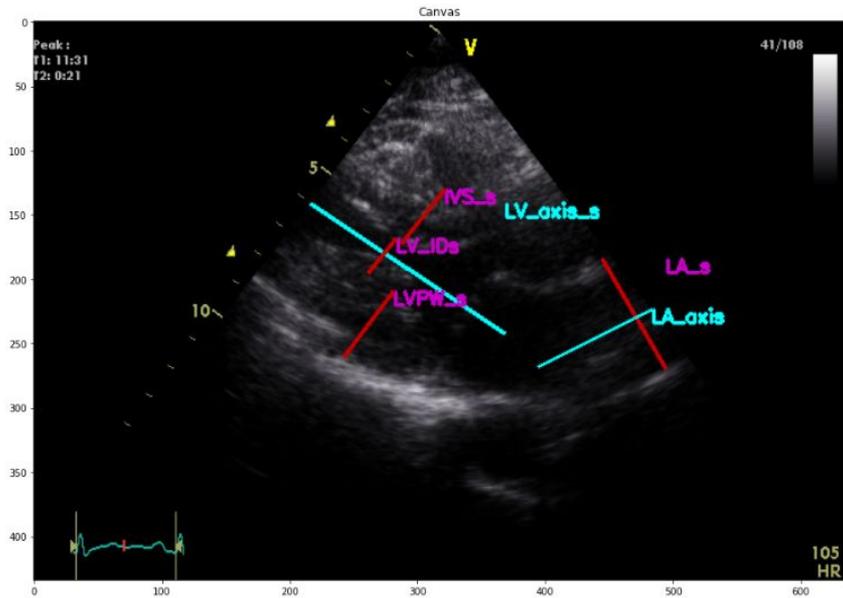
338-2
338/data/0299__002.png



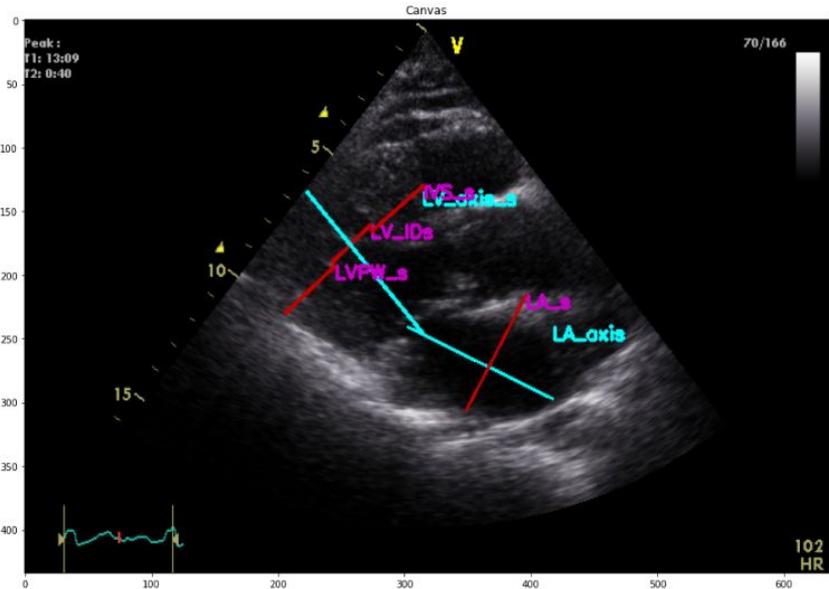
Возникает вопрос методологии оценки снимка и присвоения снимку “плохого качества”, так как по нынешним распределениям тэгов не понятно, по каком принципу ставился этот тэг.

Вопросы по данным

471-9
471/data/0431__009.png



598-9
598/data/0567__009.png



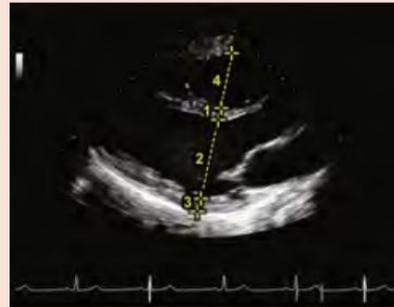
Изучение гайда не дало ответ на вопрос о правильной постановке оси относительно анатомии сердца. Что можно использовать в качестве reference материалов?

Вопросы по данным

- Возможно ли **формализовать принципы разметки**, что будет обобщать информацию из англоязычного гайда и видео по методике разметки?
- Возможно ли **формализовать принципы оценки кадров/сетов снимков по качеству**?
- Какова критичность отличия разметки от заданной в гайде (см. рисунок RV)?

2D grayscale linear measurements

Measurements to make



1. IVS end-diastole thickness
2. LVIDd
3. LVPWd
4. RV diameter end-diastole