

自选项目组

作品ID：7245

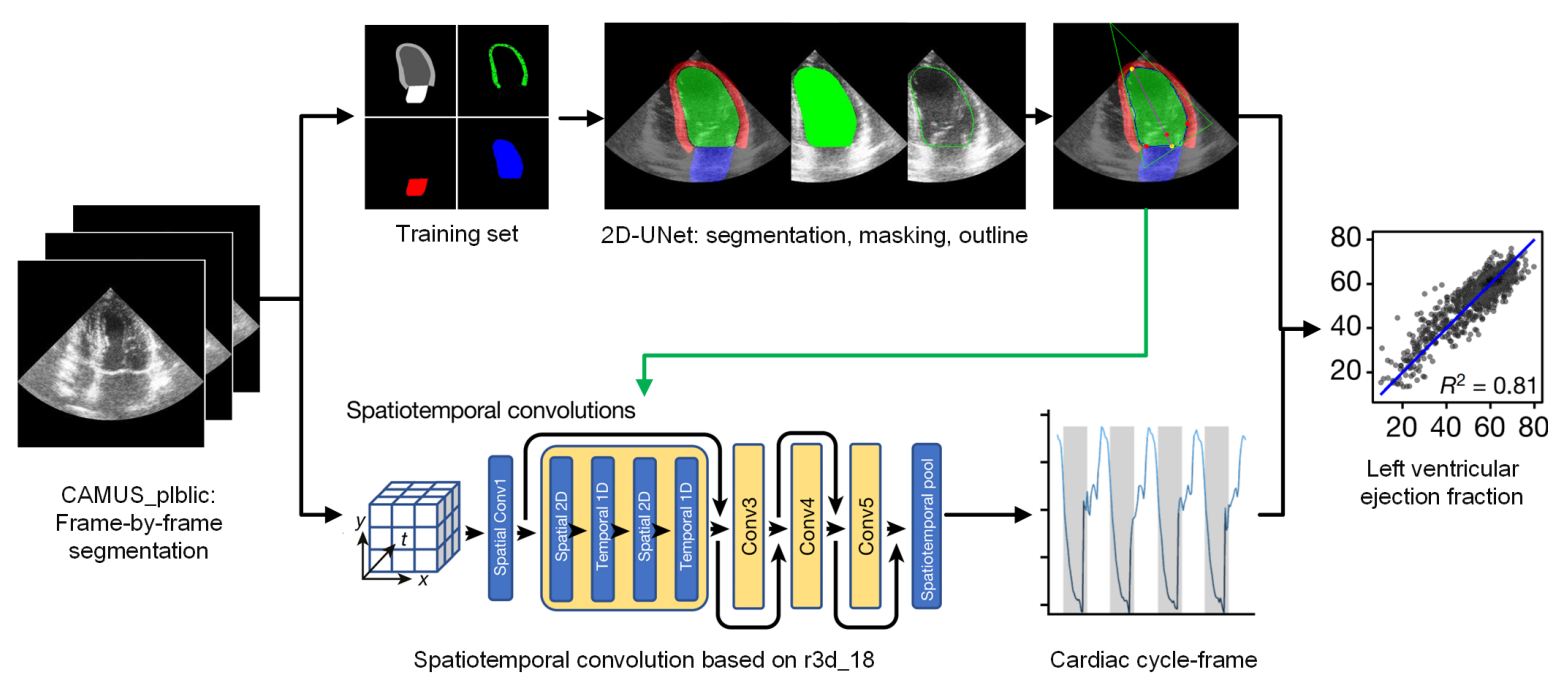
赛道名称：心脑血管类诊疗(影像类)

作品名称：基于逐帧体积计算的心脏射血功能评估方案（本科组）

本研究旨在开发一种基于超声心动图的心脏结构自动分割和射血分数计算方法：设计了对心脏结构自动分割、容积识别综合方案，分别基于U-Net+++和ResNet18_3D构建；开发了三种方法计算射血分数（EF），兼顾四腔室（A4C）与二腔室（A2C）。A4C Dice = 0.982, A2C Dice = 0.986，充分验证了分割算法的精确性。改良Simpson法在射血分数计算中表现最佳，MAE = 3.14, R² = 0.942。

此外，本研究还探讨了上采样算法和心动周期分割与射血分数平均化的方法，以处理低质量影像并增强预测的准确性、预测心力衰竭，以拓展研究的应用边界。

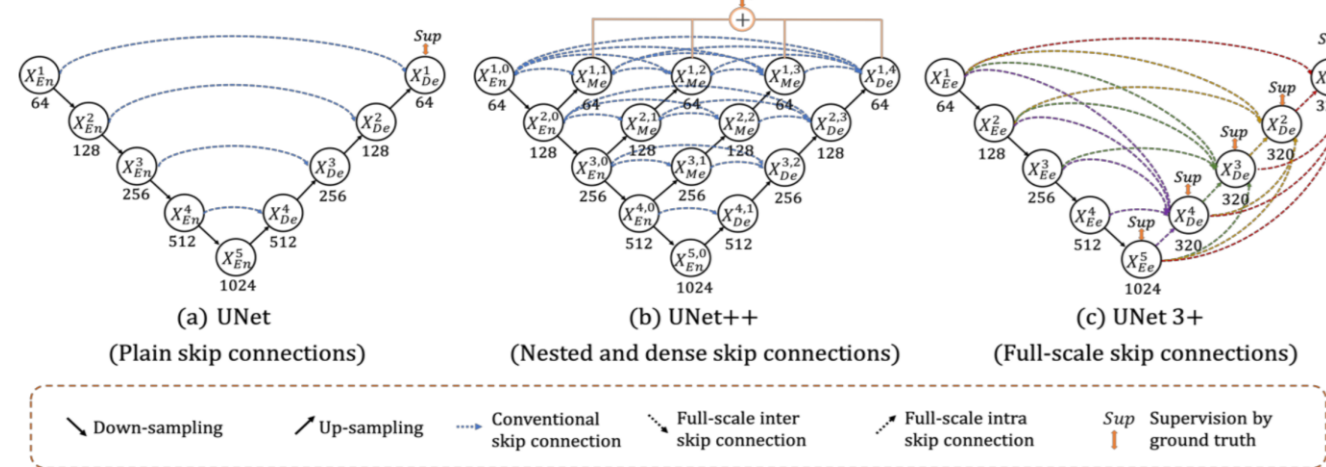
结构分割臂+时空分析臂+综合预测：对应逐帧的结构分割和帧间连接的分析。两臂相互结合，以实现未经标注的心动超声视频的处理。



结构分割臂（基于PyTorch搭建的U-Net+++）

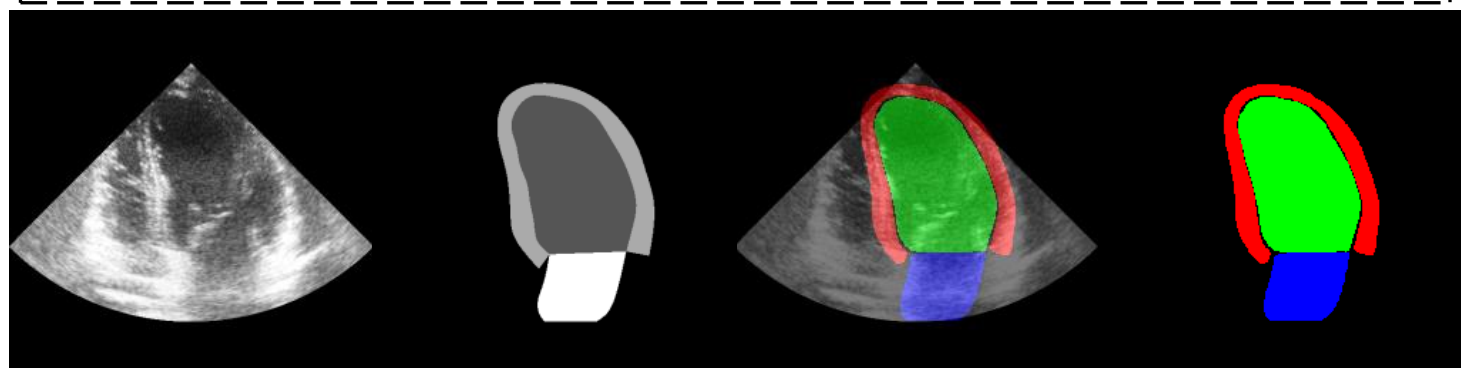
基于卷积神经网络（Convolutional Neural Network, CNN）搭配基本图像图形处理算法：能够实现心脏图像中各个区域的精确识别和分割，包括左心房(LA)、左心室(LV)、二尖瓣环、心室壁(VM)等关键结构。

使用经过训练集加强优化的U-Net+++模型完成这部分的工作



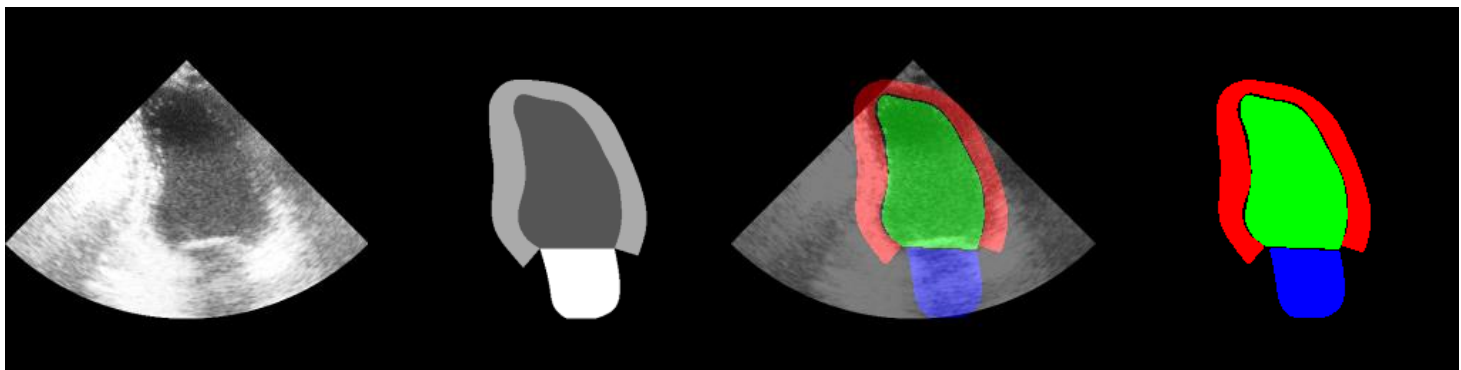
- 使用CAMUS_public数据集提供的500例半心动周期的超声影像及其label，制作A2C、A4C的LA、LV、VM标签；切片、边缘补全（512×512黑色背景）、下采样。保存为8位灰度，96dpi的256×256 PNG。
- 0001~0400例为训练集，0401~0500例为测试集。图片、标签均经人工视觉检查。

GPU: NVIDIA GeForce RTX4090 (24GB) EPOCHS = 100,
BATCH_SIZE = 20, LR = 0.1, 渐近LR=0.001, SCALE=5, THRESHOLD = 0.5



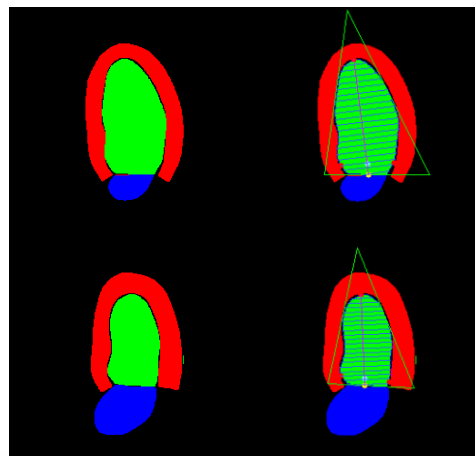
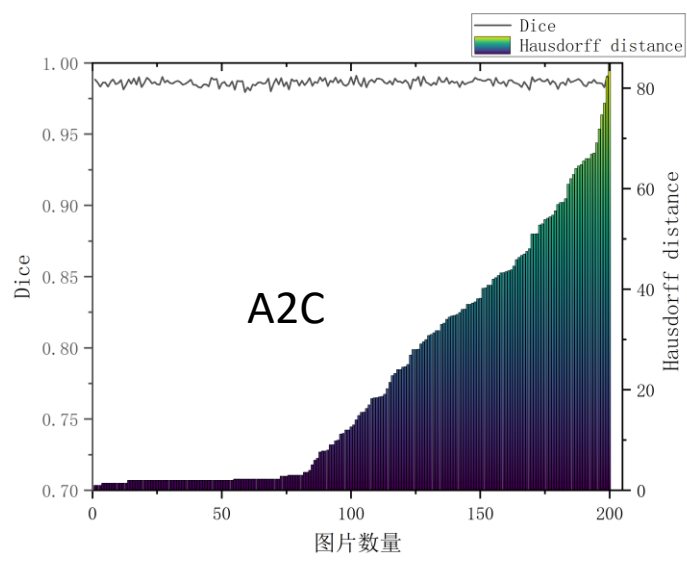
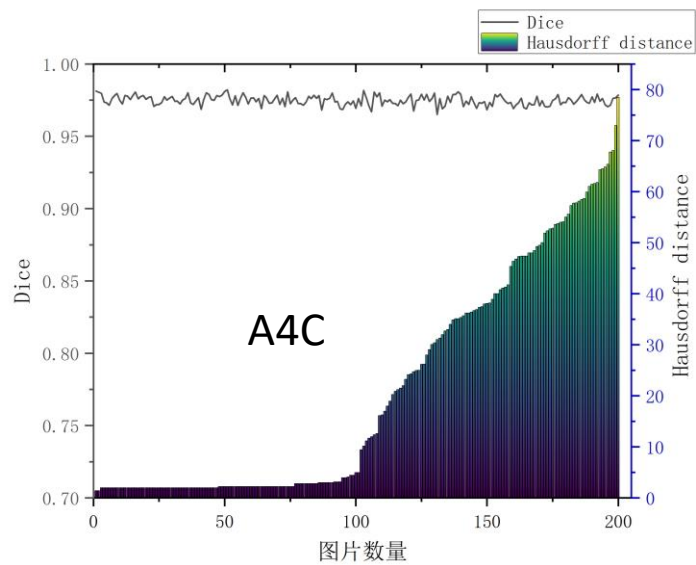
LV BEST LOSS= 0.13264347835330065
LA BEST LOSS= 0.10999562900386498
VM BEST LOSS= 0.1114253723221217

对于100例A4C的ES和ED（共200张）
平均 Dice = 0.9821741907118485
平均 Hausdorff Distance = 21.064782



LV BEST LOSS = 0.09246061700556812
LA BEST LOSS = 0.10468672521026998
VM BEST LOSS = 0.13544731317409153

对于100例A2C的ES和ED（共200张）
平均 Dice = 0.986308459
平均 Hausdorff Distance = 22.22173114



- 分割获得心室掩膜，勾画最小外接锐角三角形
- OpenCV识别轮廓，遍历，确定距离三角形顶点最近的三点，分别确定心尖，二尖瓣环
- 连接心尖和二尖瓣环中点的线段，该线段所在的直线记为中线，找到中线与左心室区域轮廓交点

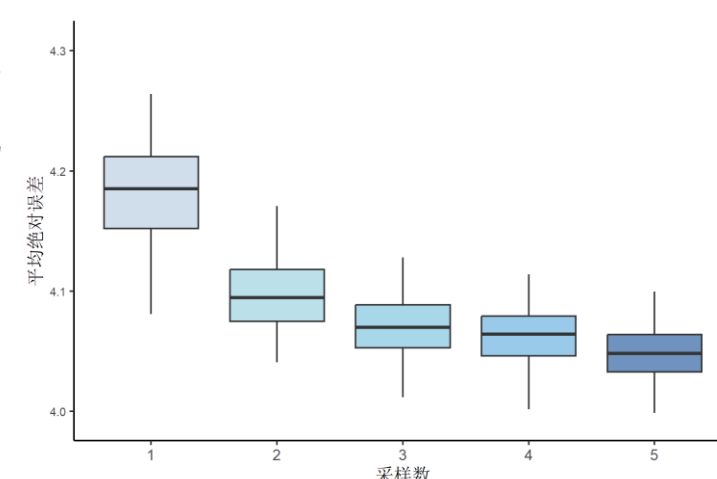
时空分析臂（基于PyTorch搭建的ResNet18_3D）

ResNet18_3D是基于残差连接的三维时空卷积模型，在原始二维的基础上引入时间维度，从而可以捕捉视频中的时空信息。残差块将输入端信息直接连接到输出，从而解决深层网络训练中的梯度消失问题。

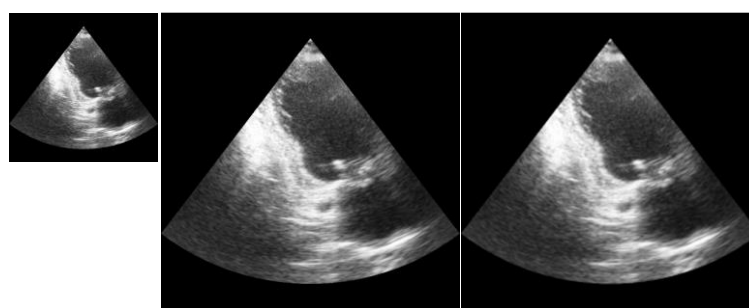
在本方案中，我们基于EchoNet-Dynamic完成训练和测试

单个采样的射血分数预测MAE为4.2%，均方根误差为5.6%，R²为0.79。由于采样帧长的限制和采样随机性，不同样本下预测差异较大。

取单个超声心动视频所有预测值均值为最终的预测值。射血分数的预测MAE为4.0%，均方根误差为5.3%，R²为0.81，预测标准差的均值为1.46。

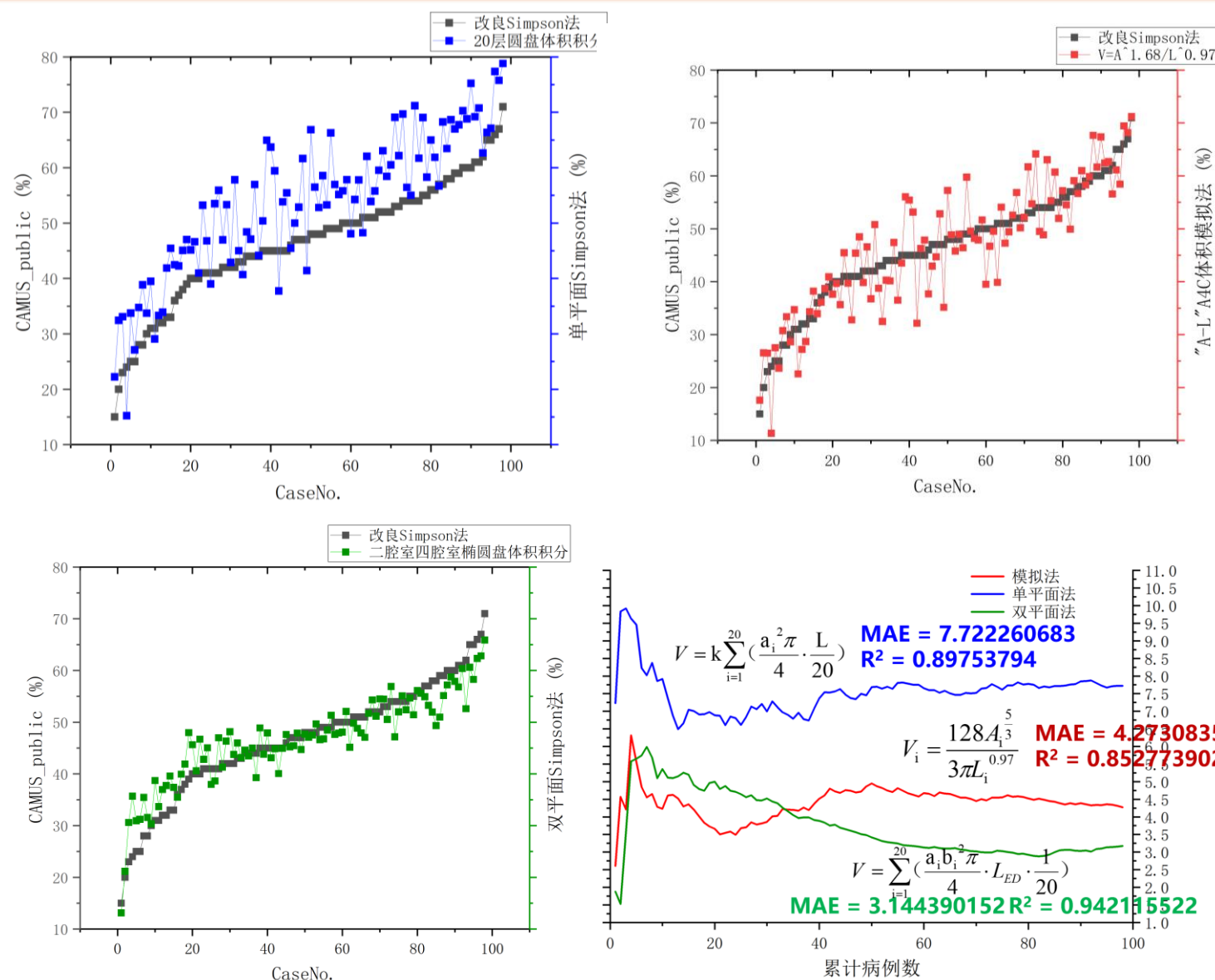


- 权威数据集EchoNet-Dynamic每帧仅112×112，无法有效实现视频内容的评判。因此，我们特意针对低质量视频开发上采样算法，并评价。
- 该算法通过OpenCV库读取图像，随后引入了一种三阶插值方法，相比简单的最近邻或双线性插值，提供更平滑的边缘和更少的锯齿效果。



原图缩略图、原图、复原图
平均SSIM = 0.974475017
MSE = 11.44406738
RMSE = 0.013136743
PSNR = 37.743132

射血分数计算（A4C视野下、A4C结合A2C视野）



- 基于单A4C分割的传统Simpson方法
- “A4C L-A 单平面模拟法”——不经精确体积计算，仅通过L和A进行相对面积表示的EF计算方法。数据离散程度相较于前者稍大，但仍处于可接受范围内。综合计算结果优于前者。由我项目独立提出。
- 基于A4C和A2C结合的改良Simpson方法

可见改良Simpson法实际效果均最佳

总结与展望

本项目聚焦于开发一种基于超声心动图的心脏结构自动分割和射血分数计算方法。研究设计了一个包含结构分割臂和时空分析臂的综合方案，以实现未经标注的心动超声视频的自动处理和识别。通过实验和数据分析，研究验证了所提出方法的有效性和准确性。

随着生成式人工智能（Generative AI）和综合大模型（Comprehensive Large Models）技术的快速发展，医学图像分析领域正迎来新的变革。随着生成式人工智能和综合大模型技术的不断发展，心功能的监视、分析与预测将更快速、准确和智能化。这将为心脏疾病的早期诊断、治疗及预后评估提供有力支持，推动心血管病诊疗水平的不断提升，切实造福全人类健康。