

# 命题项目组

作品ID：7110

赛道名称：病理、检验与体外诊断相关

作品名称：智绘乳癌——基于人工智能的乳腺癌免疫组化图像生成

## 项目产生背景

目前乳腺癌的诊断是基于用苏木精和伊红（H&E）染色的病理组织作为标准，但这种染色不足以完全判断肿瘤组织中的HER2水平，因此需要引入免疫组织化学（IHC）染色共同判断。IHC相对H&E来说，价格更为高昂，因此本项目拟利用生成式深度模型，实现由成本较低的H&E染色图像合成较昂贵的IHC染色风格图像，并达到较高相似度。

## 项目医学价值

我们的成果无论从指标上还是视觉效果上均较好，且根据具有临床经验的医生的意见，我们的工作对临床诊疗具有一定参考价值，可以作为癌症诊疗的低成本参考图像。

## 项目使用的模型原理

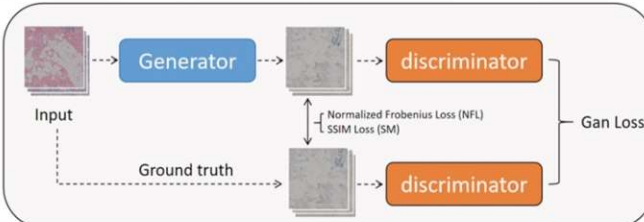


图1.GAN模型的生成器与判别器

采用生成式对抗网络GAN模型，并通过引入注意力机制来改进乳腺癌免疫组化图像的生成质量。

## 项目核心设计与结果展示

我们使用生成对抗网络(GAN)为训练范式，生成器使用加入线性自注意力机制的U-Net。

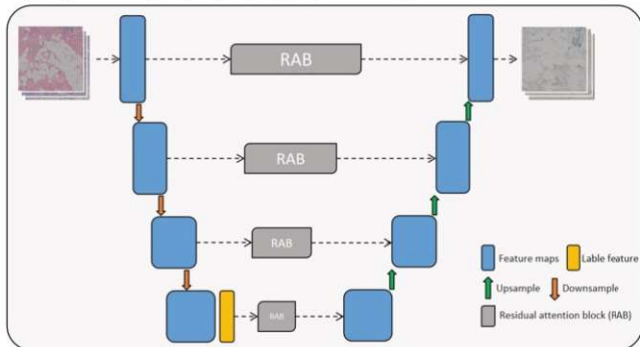


图2.生成器U-Net结构示意图

采用Fast Attention Via positive Orthogonal Random features (FAVOR+)技术，使计算复杂度从 $O(n^2 \cdot d)$ 降至 $O(n \cdot d)$ ，将其和残差链接结合，用于处理跳跃连接后的特征图，我们将其称为Residual attention block (RAB)。

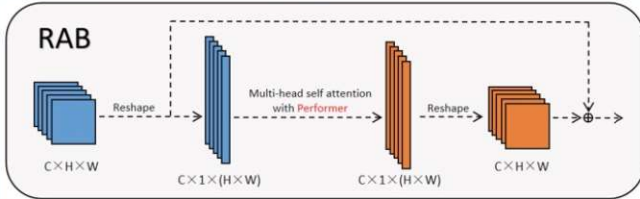


图3. RAB示意图

判别器采用多种并行的方式。在处理输入图像时，考虑不同尺寸的局部区域，分别将图像分为4\*4小图像、2\*2图像、以及原图像。将这些针对不同尺寸的分支的输出综合起来，以得出对图像真实性的最终评估。

将输入图片切成不同大小的patch分别用独立的判别器，相当于扩充了PatchGAN

捕获细节，提高鲁棒性和泛化性

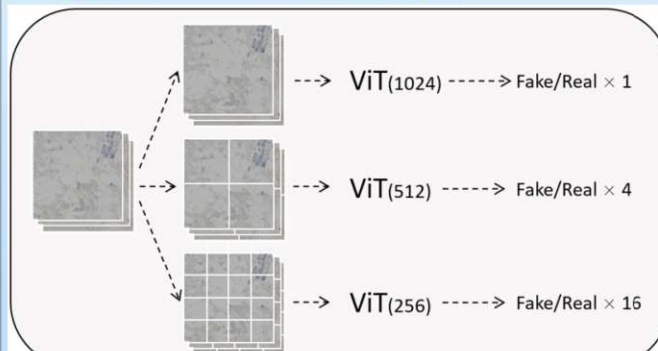


图4.判别器并行分支

采用Wasserstein GAN (WGAN)的核心思想，判别器为1-利普希茨函数，利用Wasserstein距离来衡量真实数据和生成数据分布之间的差异，向损失函数中添加一个惩罚项，惩罚梯度范数超过1的点。

损失函数：

$$L = \underbrace{\gamma_{NFL} L_{NFL} + \gamma_{ssim} L_{ssim}}_{\text{pointwise loss}} + \underbrace{\sum_i \gamma_i L_{critic_i} + \lambda \cdot L_{Wasserstein}}_{\text{WGAN loss}}$$

使用的BCI数据包含4873对图像，其中3896对用于训练，977对用于测试，涵盖多种HER2表达水平

分别从四种IHC 0, IHC 1+, IHC 2+, IHC 3+类别进行由H&E到IHC染色图像的生成

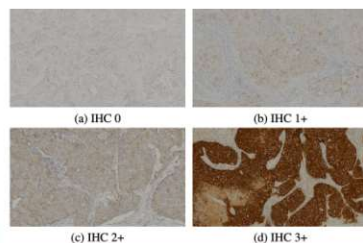


图5.四种HER2表达量的可视化

各表达类别中某一测试可视化结果与指标如下图所示，四类各自的平均得分  $\text{score} = 0.6 \cdot \text{SSIM} + 0.4 \cdot \text{PSNR}$  如下：

Source Image	Output Image	Target Image	
			IHC 0: PSNR: 26.49, SSIM: 0.7338 Score: 11.0344 <b>Average Score: 9.0986</b>
			IHC 1: PSNR: 27.54, SSIM: 0.7157 Score: 11.4450 <b>Average Score: 9.9775</b>
			IHC 2: PSNR: 26.61, SSIM: 0.6059 Score: 11.0075 <b>Average Score: 9.3606</b>
			IHC 3: PSNR: 25.65, SSIM: 0.5928 Score: 10.6157 <b>Average Score: 8.9656</b>

图6.四种表达量的测试结果

总体效果

【定量】 PSNR: 22.704 3SSIM:0.5847 score=9.4324  
【定性】 纹理匹配且视觉感官一致度较高