



# 多模态眼底图像合成

李锡荣

中国人民大学 数据工程与知识工程教育部重点实验室

中国人民大学 信息学院 人工智能与媒体计算实验室

2022年6月18日

北京医师协会眼科专科医师分会AI眼科高峰论坛



# 眼科人工智能的数据困境

AI算法（deep learning）仍然是数据驱动（data-driven）

获取数据的主要途径

- 公开数据集（选项有限, 且易过时)
- 自建数据集（耗时耗力, 难以持续)

第三条道路?



# 未来的训练数据将是合成的？

Gartner

Information Technology

Roles

Experts

Research & Tools

Insights

Events

Client Success Stories



[Blog home](#) > [Blog post](#)

## By 2024, 60% of the data used for the development of AI and analytics projects will be synthetically generated

By [Andrew White](#) | July 24, 2021 | 0 Comments

Search all blog posts

Synthetic Data

Synthetic Assets

Digital Twin

Data As An Asset

Data And Analytics

Artificial Intelligence



# 生成对抗网络 (GAN)

关键数据流: random noise  $\rightarrow$  GAN  $\rightarrow$  data

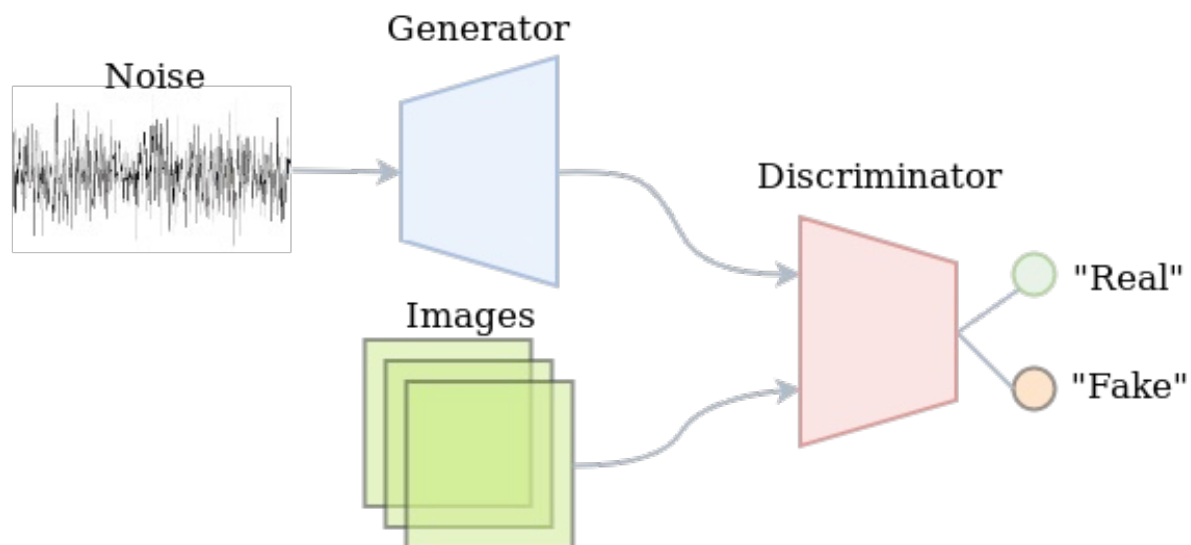


Image source: <https://medium.com/@jos.vandewolfshaar/semi-supervised-learning-with-gans-23255865d0a4>

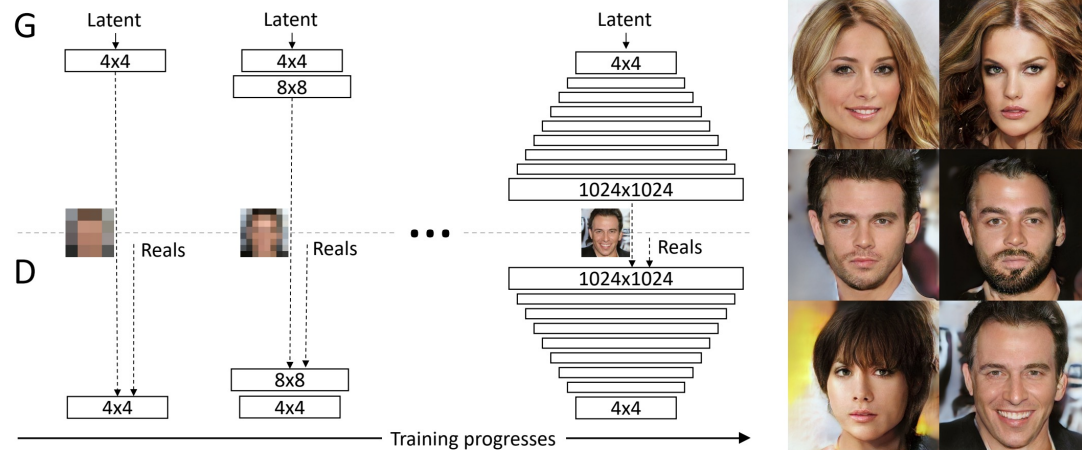
Goodfellow *et al.*, Generative Adversarial Nets, NIPS 2014



# Assessment of Deep Generative Models for High-Resolution Synthetic Retinal Image Generation of Age-Related Macular Degeneration

Philippe M. Burlina, PhD; Neil Joshi, BS; Katia D. Pacheco, MD; T. Y. Alvin Liu, MD; Neil M. Bressler, MD

## 用 PGGAN 合成 normal / AMD眼底彩照



### 挑战

随机噪声输入，  
合成样本不可控



# 多模态眼底图像合成

IEEE EMB IEEE JOURNAL OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFORMATICS, VOL. X, NO. X, XX 2022

1

## Learning Two-Stream CNN for Multi-Modal Age-related Macular Degeneration Categorization

Weisen Wang, Xirong Li, Zhiyan Xu, Weihong Yu, Jianchun Zhao, Dayong Ding, Youxin Chen

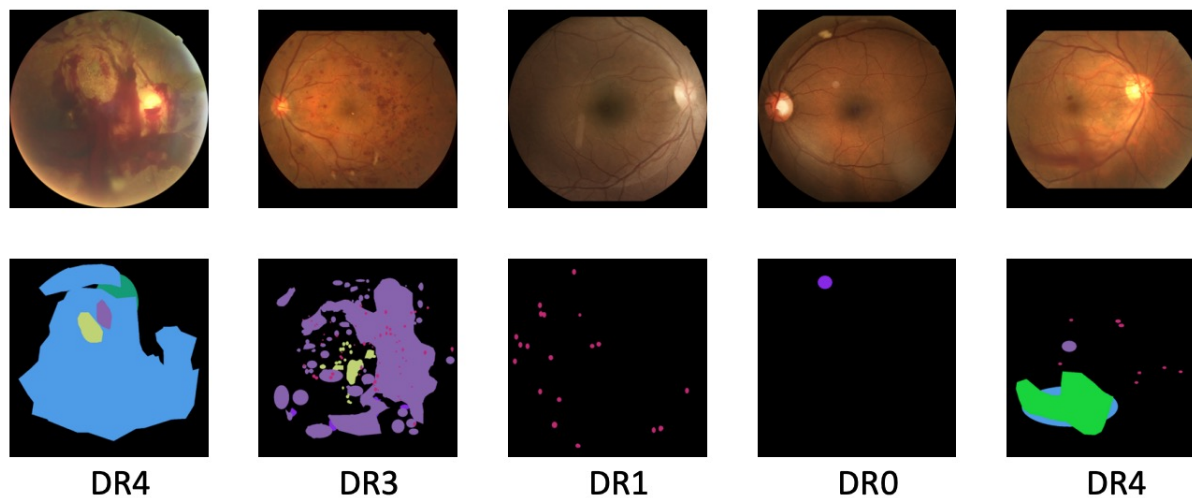
### 研究问题

用什么替代随机噪声作为GAN的输入，使得合成样本更可控？



# 病灶图作为GAN的输入?

病灶分割图指示病变区域与类型



挑战

标注代价过大

Wei *et al.*, Learn to Segment Retinal Lesions and Beyond, ICPR 2020

# 病灶图的近似方案

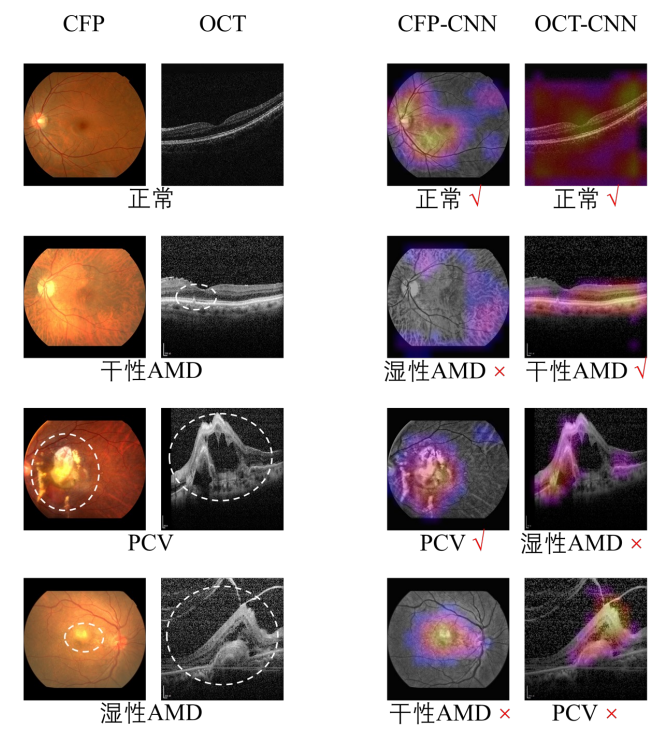
## 类激活图 Class Activation Map (CAM)

- 反映各区域对于预测结果的贡献

基本原理  $(a+b)*c$  等价于  $(a*c + b*c)$



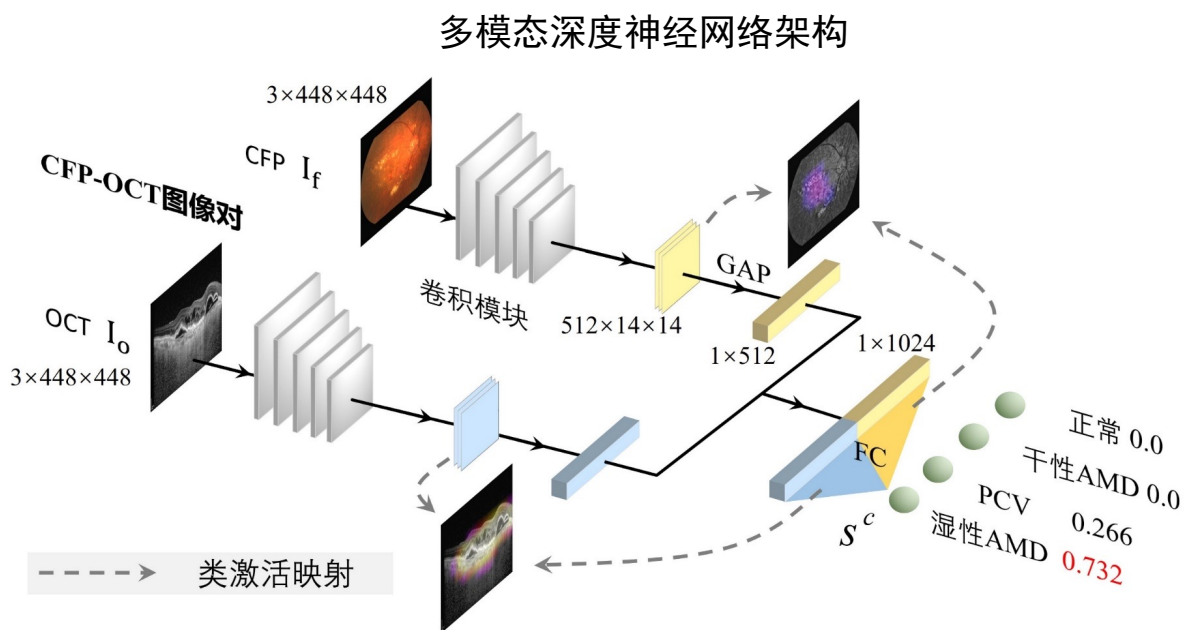
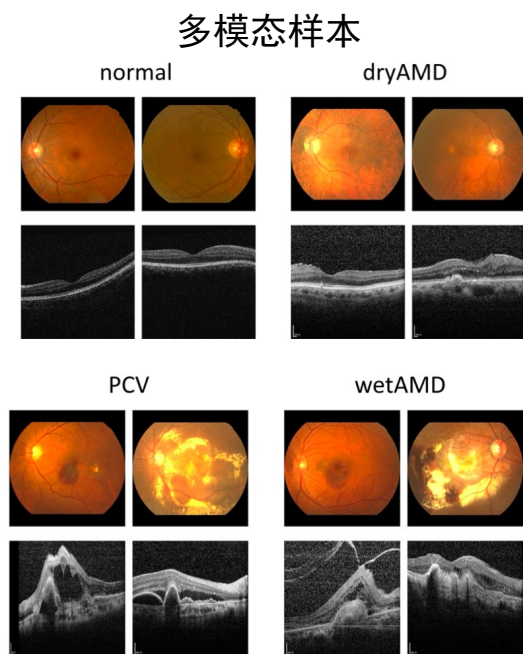
Figure 2. Class Activation Mapping: the predicted class score is mapped back to the previous convolutional layer to generate the class activation maps (CAMs). The CAM highlights the class-specific discriminative regions.





# 我们的研究框架

任务设定：基于多模态眼底影像的AMD识别（四分类任务）





# 我们的研究框架

## 数据采集、标注及划分

- 北京协和眼科门诊
- 入组829位患者，1093只眼，1094张眼底彩照 (CFP)，1289张OCT图像
- 4个类别：Normal / dry AMD / wet AMD / PCV
- 参考FA / ICGA作为标注金标准
- 以眼为单位进行数据划分，避免模型过拟合

Class	Training set		Validation set		Test set	
	CFP	OCT	CFP	OCT	CFP	OCT
<i>normal</i>	155 (155)	156 (155)	20 (20)	20 (20)	20 (20)	20 (20)
<i>dryAMD</i>	67 ( 67)	33 ( 22)	20 (20)	35 (20)	20 (20)	38 (20)
<i>PCV</i>	259 (259)	289 (156)	20 (20)	44 (20)	20 (20)	47 (20)
<i>wetAMD</i>	453 (452)	531 (325)	20 (20)	38 (20)	20 (20)	38 (20)

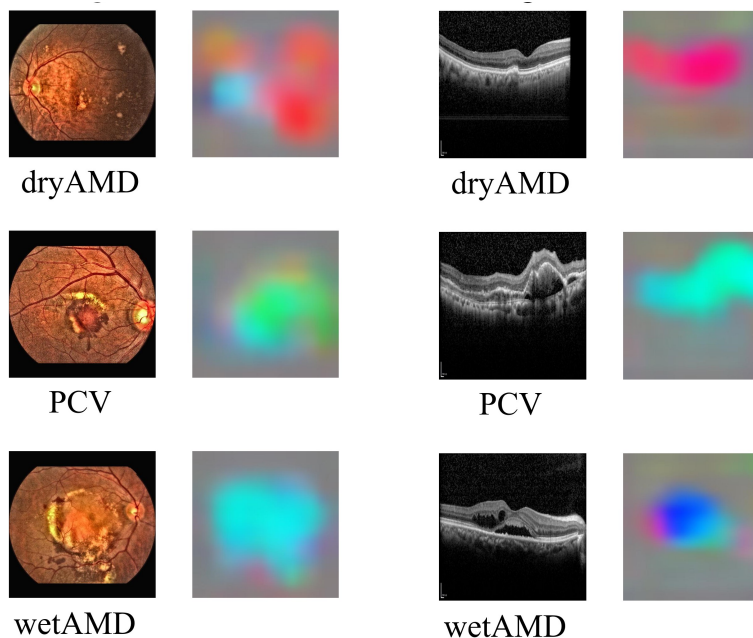
括号内为眼睛数量



# 单通道CAM $\rightarrow$ 三通道CAM

$CAM^{dry}$ ,  $CAM^{pcv}$ ,  $CAM^{wet}$  分别对应彩色图的Red, Green, Blue三通道

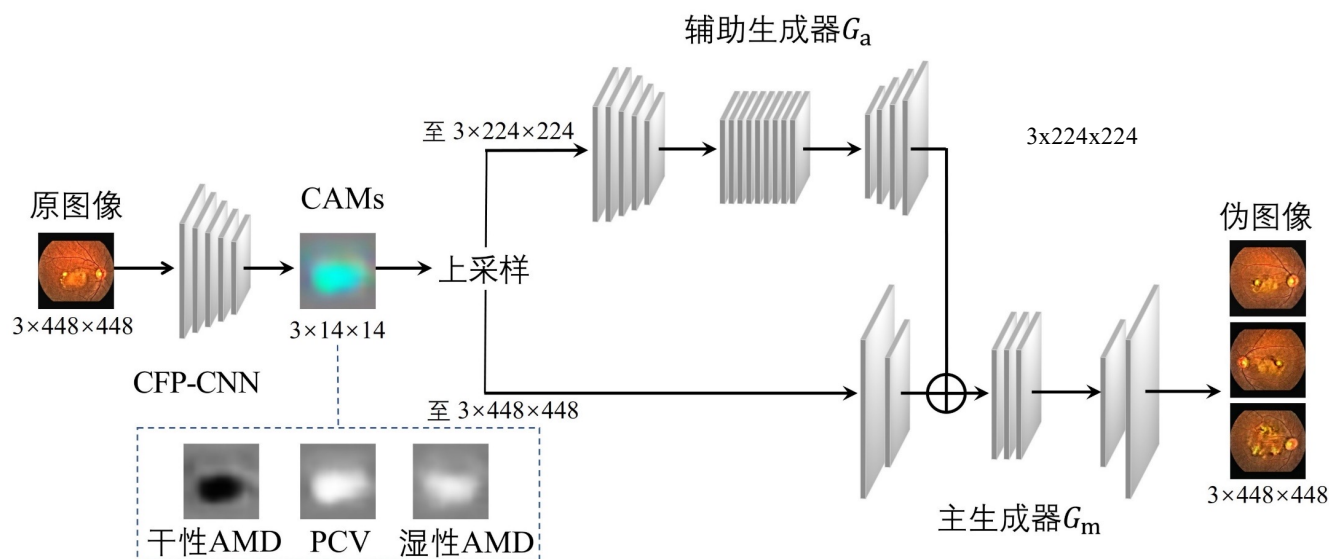
由灰度图变为彩色图，  
更方便观察



# CAM-conditioned Image Synthesis

三通道 CAM → 合成眼底图

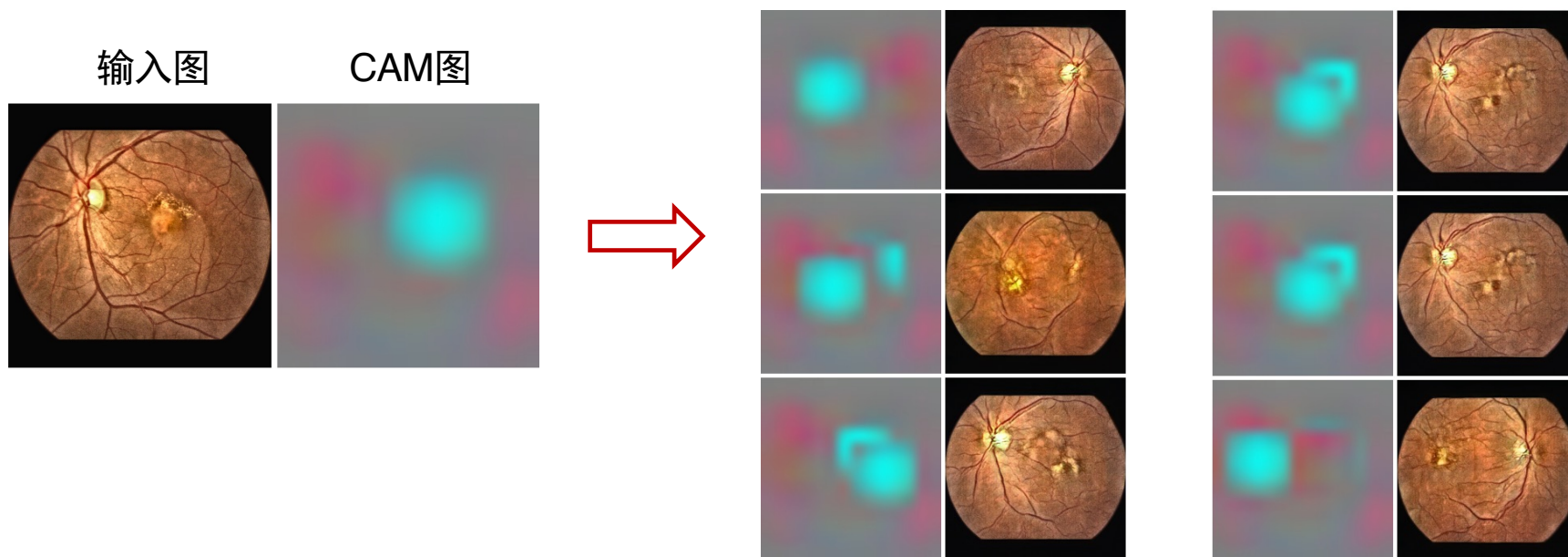
关键数据流：真实图像 → CNN → CAM → **pix2pixHD** → 合成图



通用框架，  
可用于合成  
OCT图像

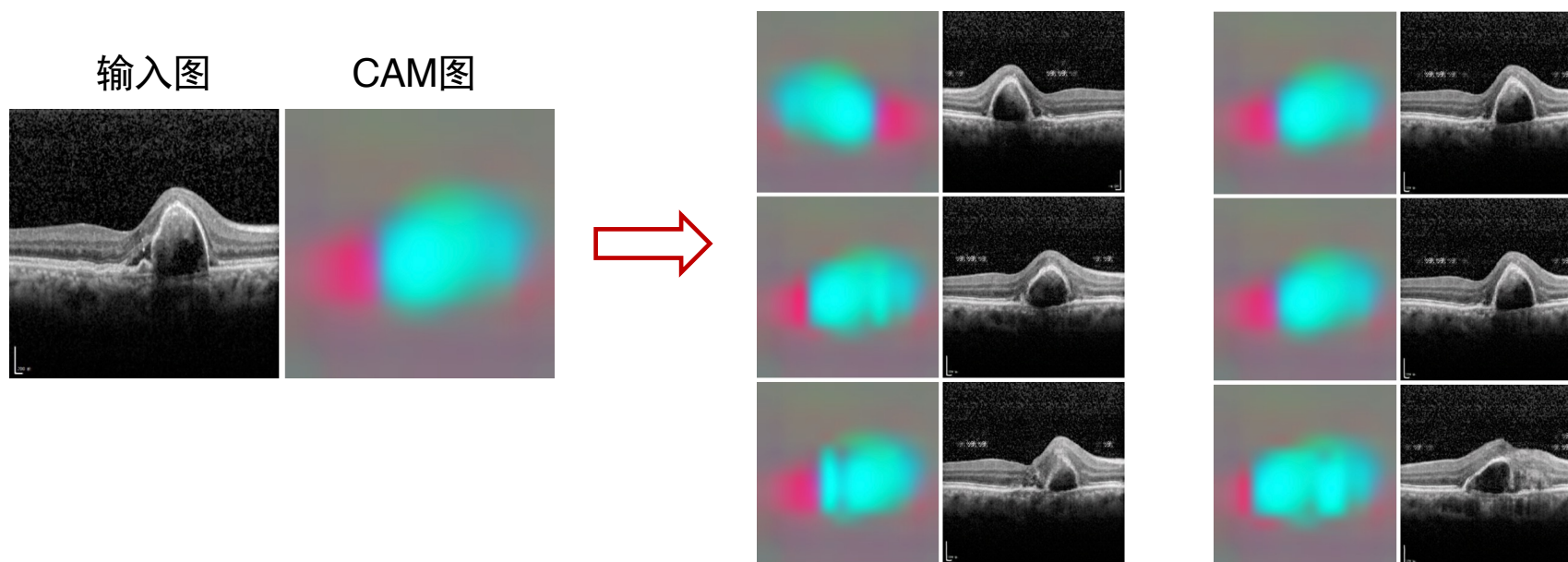
# 合成效果展示

通过操纵CAM图合成具有视觉多样性的眼底图像样本

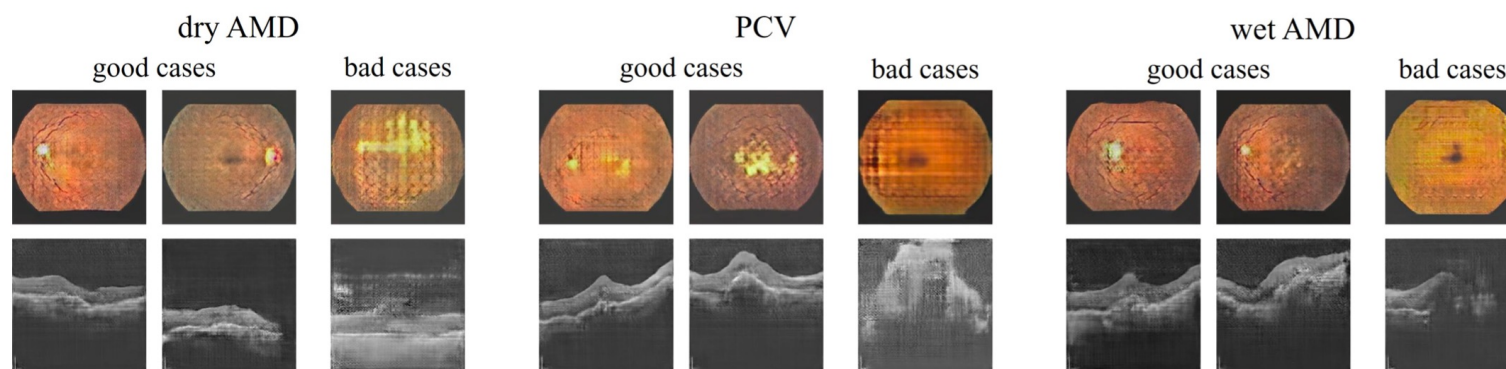


# 合成效果展示

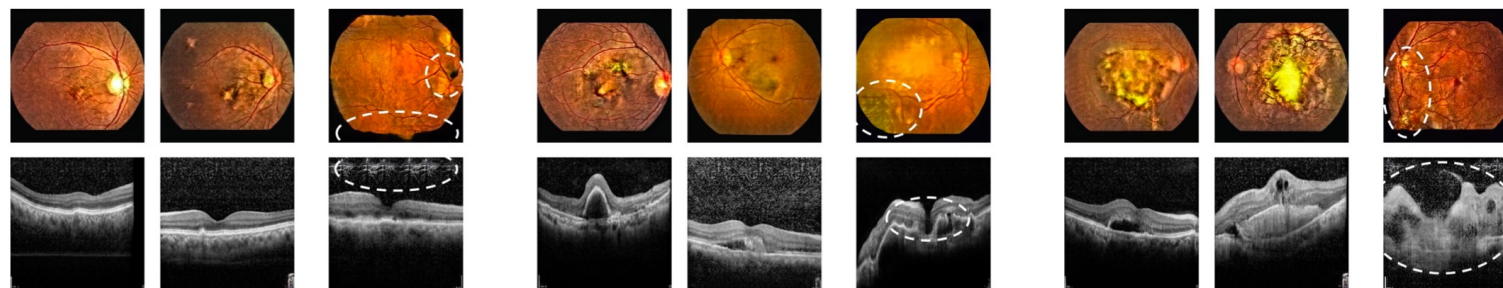
通过操纵CAM图合成具有视觉多样性的眼底图像样本



# 合成效果对比



(a) Label-conditioned GAN (JAMA Ophthalmology 2019)

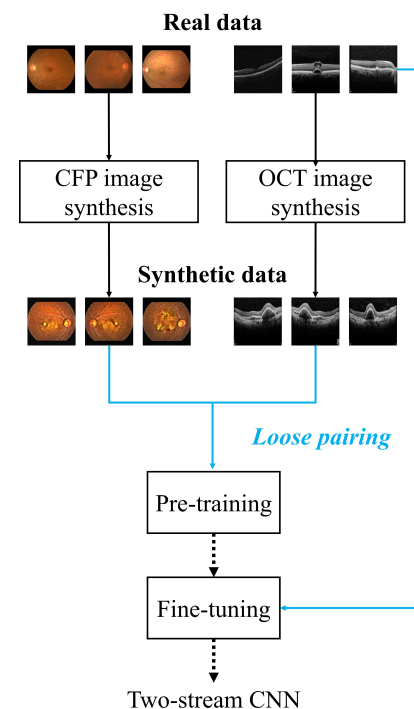
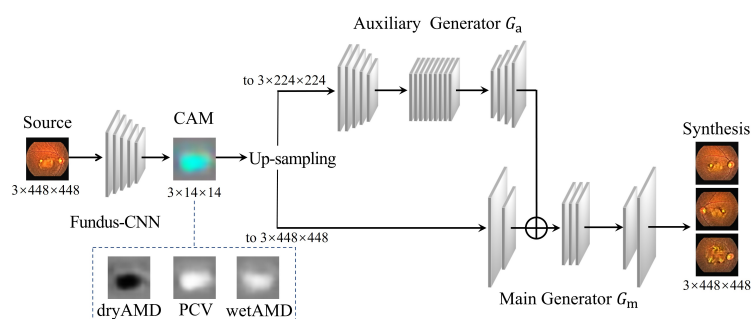
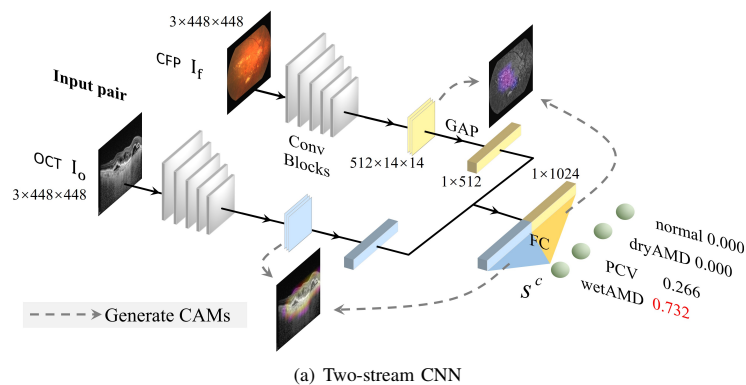


(b) CAM-conditioned GAN (J-BHI 2022)

# 整体技术方案

## 两阶段训练策略

- 用**合成**数据预训练
- 用**真实**数据微调







# 实验1：合成数据是否有助于改善模型？

基于多模态影像的AMD四分类性能

训练数据增强方案	F1 (Sen. & Spe.)	Accuracy
标准数据增强	0.872	0.804
Label-conditioned 合成	0.887 (1.7%)	0.825 (2.6%)
<b>CAM-conditioned 合成</b>	0.892 (2.3%)	0.846 (5.2%)
松弛配对 (MICCAI'19)	0.897 (2.9%)	0.837 (4.1%)
<b>CAM-conditioned 合成</b> 松弛配对 (MICCAI'19)	0.914 (4.8%)	0.863 (7.3%)



## 实验2：合成数据是否能替代真实数据？

基于单模态影像的AMD四分类性能

模态	数据类型	F1	Accuracy
OCT	真实数据	0.886	0.818
	合成数据	0.874	0.802
眼底彩照	真实数据	0.774	0.717
	合成数据	0.414	0.433



## 初步结论

合成数据可作为真实数据的有效补充，用于更大AI模型的预训练

合成数据不限量、可持续、可分享，促进数据流通共享

多模态数据合成技术有望在眼科AI中发挥关键作用



<https://github.com/li-xirong/mmc-amd>



# 致谢

## 合作伙伴

- 北京协和医院眼科 陈有信教授团队
- 北京致远慧图 (Vistel)



## 研究基金

- 北京市自然科学基金：面向常见眼底病识别的多模态可解释深度学习研究 (No. 4202033)
- 北京市自然科学基金-海淀原始创新联合基金：基于多模态影像的主要眼底黄斑疾病识别与自然语言诊断报告生成 (No. 19L2062)

✉ xirong@ruc.edu.cn