

# 肺癌的人工智能研究

## CT 图像应用

---

汇报人：刘沛

汇报日期：2020 年 8 月 1 日

四川大学华西医院

# 目录

1. 背景与意义
2. 实际应用
3. 核心方法
4. 发展方向

## 背景与意义

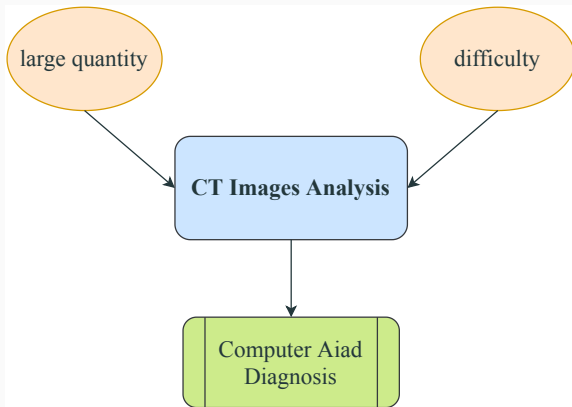
---

## 肺癌 (Lung Cancer)

- 威胁最大的恶性肿瘤之一
- 发病率和死亡率很高，增长速度最快

降低肺癌死亡率：低剂量 CT 早期筛查

*National Lung Screening Trial Research Team. Reduced Lung-Cancer Mortality with Low-Dose Computed Tomographic Screening. N. Engl. J. Med. 2011, 365, 395–409.*



**Figure 1:** 计算机辅助诊断

## 实际应用

---

基于 CT 图像的人工智能应用：

- A1: 肺结节识别
- A2: 肺结节检测
- A3: 肺部语义分割
- A4: 肺癌风险预测

主要从以下方面介绍：

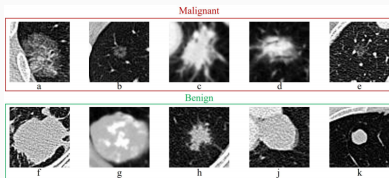
- 目的是什么？
- 如何达到目的？（流程简介）
- 存在哪些难点？



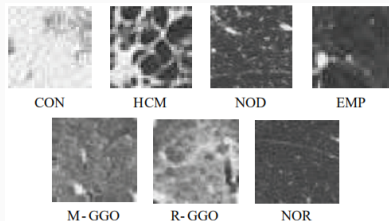
# A1: 肺结节识别

识别肺结节属于哪一种已知的类别，如

- 肺结节良恶性识别
- 肺纹理特征识别



**Figure 2:** 肺结节良恶性

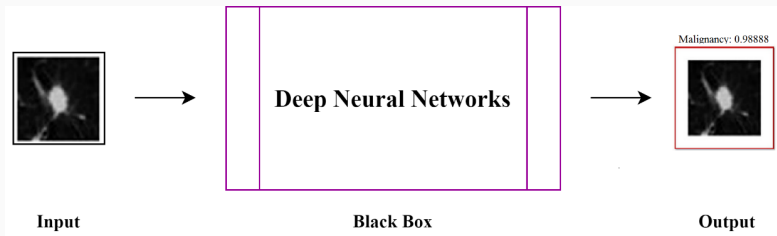


**Figure 3:** 肺纹理特征

# A1: 肺结节识别

肺结节识别模型：深度卷积神经网络模型 (DCNN)

- 输入：肺结节/肺部候选区域 (*RoI*, *Region of Interest*) CT 图像 (2D/3D)
- 输出：*RoI* 所属类别概率



**Figure 4:** 肺结节识别模型

# A1: 肺结节识别

计算机视觉图像分类任务

任务流程:

- 数据收集及预处理: 带有标签的 *RoI CT* 图像
- 模型训练: 数据拟合, 具备图像特征提取能力
- 模型测试与评估: *ACC*, *AUC*, *F1* 等分类模型常用指标

# A1: 肺结节识别

计算机视觉图像分类任务

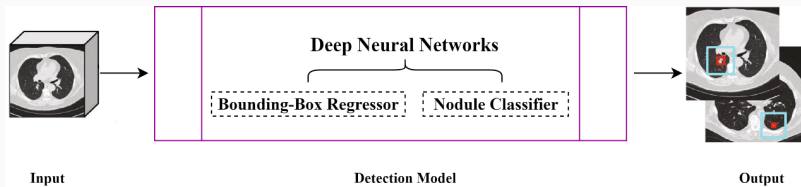
难点:

- 大型，高质量标注数据集
- 正负样本比例不平衡
- 模型本身表达能力不够

## A2: 肺结节检测

### 计算机视觉目标检测任务

- 定位：自动定位肺结节所在区域
- 识别：自动识别所属类别（如是/不是结节）



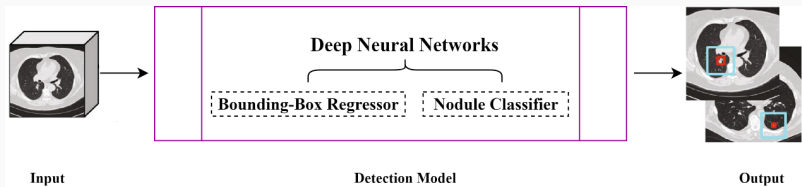
**Figure 5:** 肺结节检测模型

## A2: 肺结节检测

常用的检测框架，两个子任务：

- 候选区域检测：从 *CT* 图像中检测所有可能的结节区域，即 *RoI*
- 降低误报率：识别 *RoI* 是否包含结节，即 *False Positive Reduction*

训练数据：带有肺结节边界框标注的 *CT* 图像



**Figure 6:** 肺结节检测模型

## A2: 肺结节检测

其它的检测框架:

- *One-Stage* 方法, 同时完成检测和识别
- 基于 3D 图像的神经网络模型
- 不同的图片预处理或训练策略
- 弱监督学习检测

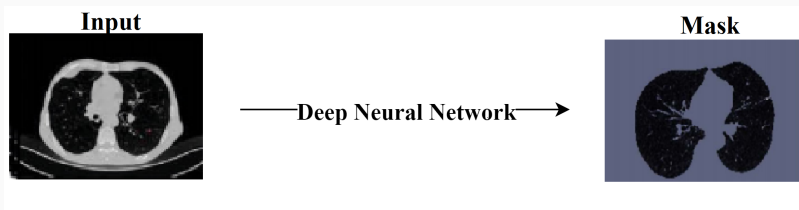
难点:

- 数据标注和类别不平衡
- 高质量的 *RoI*
- *False Positive Reduction*

## A3: 肺部语义分割

计算机视觉语义分割任务：图像每个像素点所属类别

肺部语义分割：从 CT 图像中分割出感兴趣的实例



**Figure 7:** 肺实质分割模型 (2D/3D)

分割结果一般用于更加精细的下游任务，如肺结节检测等



## A3: 肺部语义分割

计算机视觉语义分割任务：图像每个像素点所属类别

肺部语义分割：从 CT 图像中分割出感兴趣的实例

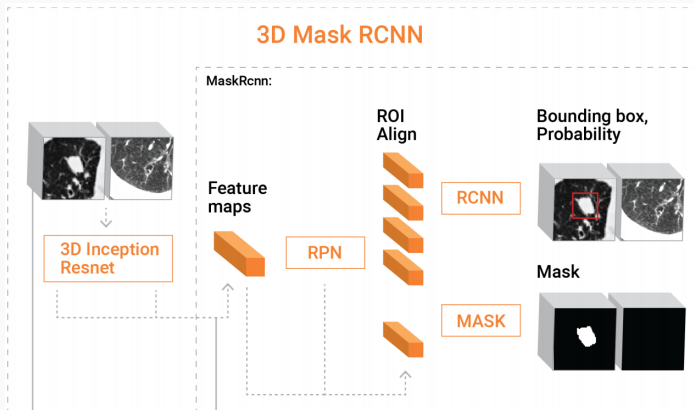


Figure 8: 肺结节分割模型 (2D/3D)

## A3: 肺部语义分割

肺部语义分割方法:

- 区域生长法
- 基于阈值的多阶段方法
- *3D Mask R-CNN* 实例分割网络
- 其他半监督学习方法

## A3: 肺部语义分割

Mask R-CNN: 像素到像素的 Mask 预测

训练数据: 带有感兴趣实例**像素级别**标注的图像

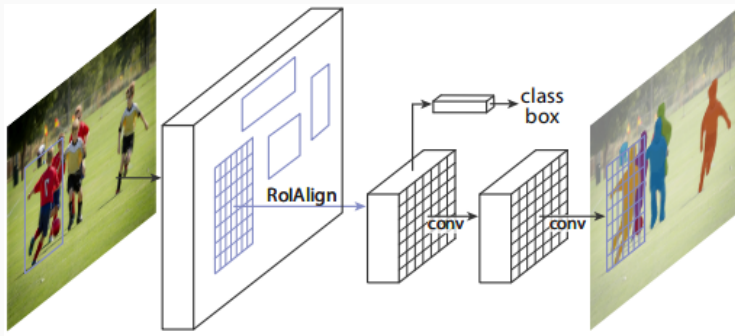


Figure 9: Mask R-CNN 模型

## A3: 肺部语义分割

难点:

- 大规模的肺部 *CT* 图像语义标注数据
- 更加精细的 *3D* 图像分割结果

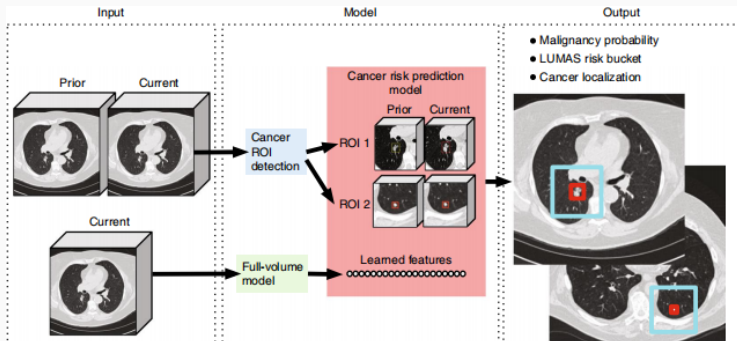
## A4: 肺癌风险预测

如何直接使用 *Chest CT* 扫描图像，预测患肺癌的风险？

*End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography, Nature Medicine, 2019.*

## A4: 肺癌风险预测

CT 图像上端到端的肺癌筛查深度学习模型



**Figure 10:** Nature Medicine(2019): End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography.

## 核心方法

---

CT 图像分析关键方法 / 架构:

- N1: 卷积神经网络
- N2: 目标识别网络
- N3: 目标检测网络
- N4: 语义分割网络
- N5: 多任务网络



主要从以下方面介绍：

- 基本架构
- 用途，特点，及优势

# N1: 卷积神经网络基础

卷积神经网络 (CNN, Convolutional Neural Network) 是如何“学习”的

- 正向传播：计算图像特征、预测结果、预测误差
- 反向传播：计算误差梯度，更新网络参数

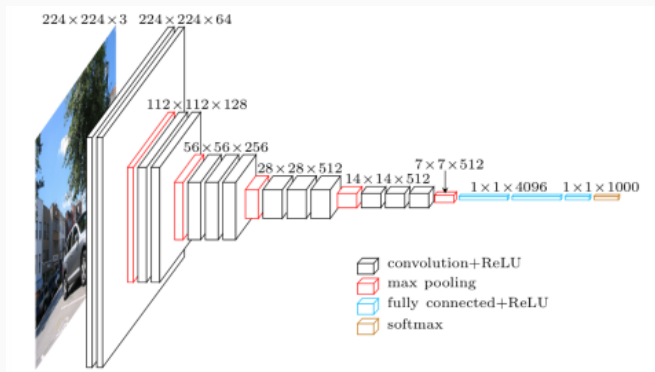


Figure 11: 经典的卷积神经网络：VGGNet (2014)

# N1: 卷积神经网络基础

卷积神经网络 (CNN, Convolutional Neural Network) 学习到了什么?

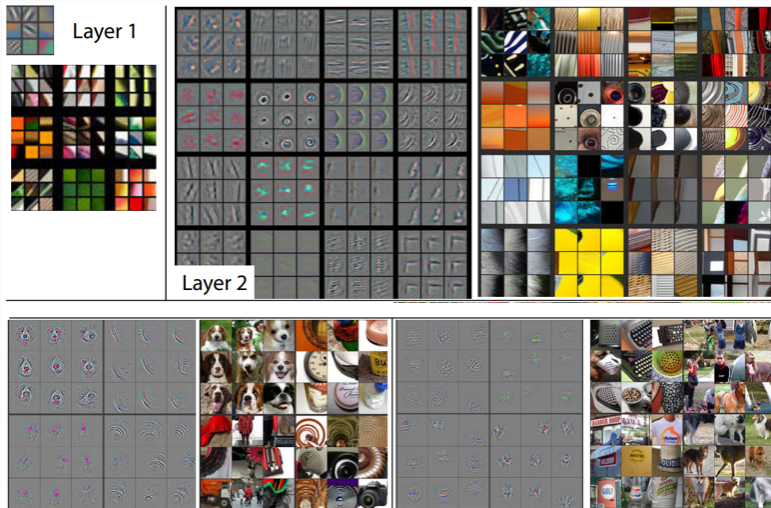
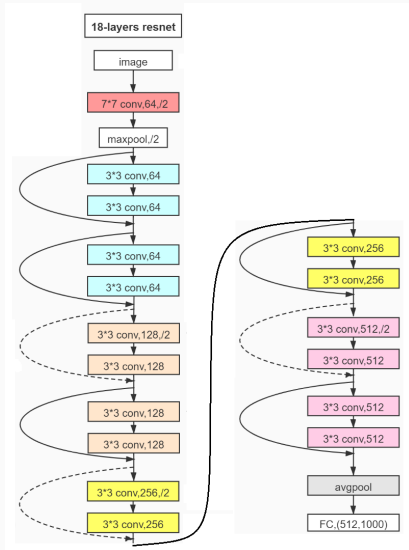


Figure 12: 卷积神经网络可视化

# N1: 目标识别网络



**Figure 13:** 经典的图像分类网络：ResNet (ILSVRC-2015 Rank #1)

# N1: 目标识别网络

肺结节识别应用中，常用的 CNN 模型有

- *ResNet, DenseNet, SENet*
- *Inception*

特点及优势：

- 强大的表达能力
- 适用于不同任务



## N2: 目标检测网络

CV 领域经典的目标检测网络:

- *Faster R-CNN*
- *FPN, RetinaNet*
- *YOLO*

*[1] MICCAI (2019). 3DFPN-HS2: 3D Feature Pyramid Network Based High Sensitivity and Specificity Pulmonary Nodule Detection.*

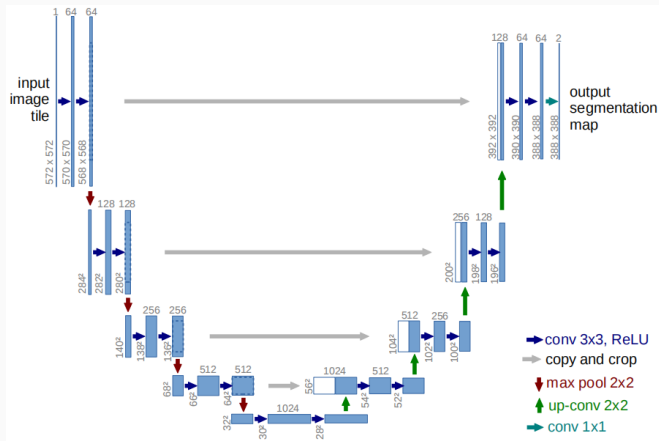
*[2] In Proceedings of the Medical Imaging (2018). Using YOLO Based Deep Learning Network for Real Time Detection and Localization of Lung Nodules from Low Dose CT Scans.*

*[3] Nature Medicine (2019). End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography.*

# N3: 语义分割网络

语义分割网络 (Segmentation in a pixel-to-pixel manner):

- *U-Net, U-Net++*
- *Mask R-CNN*
- *DeepLab*





## N4: 多任务网络

多任务深度学习模型: *Segmentation + Detection + Classification*

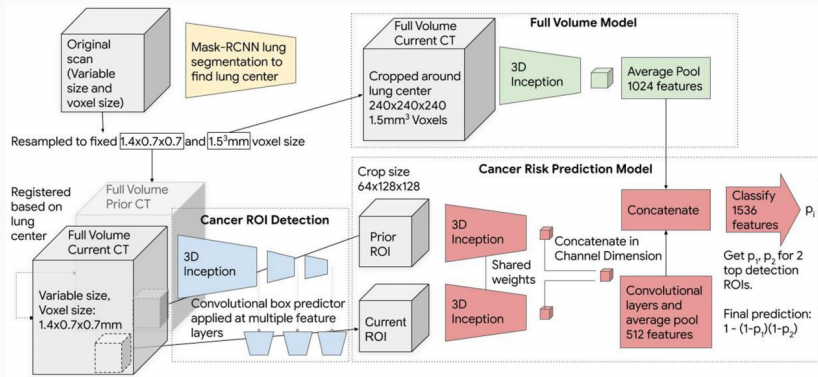


Figure 17: End-to-end cancer risk prediction model

## 发展方向

---

参考文献：近年发表在医学图像处理会议或期刊上的部分文章

从卷积神经网络模型层面：

- (1) 借鉴计算机视觉领域最新的模型架构，用于特定任务
- (2) 综合各个网络的优势及特点，设计用于特定任务的神经网络
- (3) 适用于 3D 图像的网络结构

参考文献：近年发表在医学图像处理会议或期刊上的部分文章

从输入模型的数据层面：

- (1) 针对标注数据过少的问题，设计半监督学习或者自监督学习的方法训练模型
- (2) 针对数据正负样本不均衡的问题，设计新的目标函数减小少数样本的稀疏性

肺癌预后生存分析？

谢谢各位老师