# 光声成像

## 摘要

## 引言

光声成像是一种新兴的生物医学成像技术，将光学和声学理论相结合，其具有深度成像、高分辨率、多模态成像和功能性成像的优点，可应用于肿瘤检测、血管成像、脑功能研究等领域。其主要原理是通过激光脉冲照射生物组织，产生声波信号并进行成像[1]。

[1] Lin, L., & Wang, L. V. (2021). Photoacoustic Imaging. Advances in experimental medicine and biology, 3233, 147–175. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-7627-0_8>

其前向过程由光声波动方程所表述



其中为介质中声波传动的速度，在位置为，时间为的声压，和表示确定压力下的等温压缩系数和比热容，为能量吸收项。

一个固定的光声采集系统，（光学激励，声学接受，环境温度等物理信息保持固定），其换能器采集数据仅与待测物体（声色团性质，位置）有关。

## 数据

k-Wave 是一种用于声学和光声计算的 MATLAB 工具箱，由布朗大学的 Bradley E. Treeby 和 Ben T. Cox 开发。其广泛应用于声学和光声领域的研究和工程实践，为研究人员和工程师提供了一个强大而灵活的工具，用于模拟和分析声波和光声传播现象。

本文使用k-Wave生成的仿真数据，计算网格大小设置为128\*128，完美匹配层设置为20，模拟的区域大小为10cm\*10cm，被离散化为88\*88的网格，则每个网格的大小约为1.14mm。声速被设置为1500m/s。超声换能器被设置为64个均匀排布的传感器组成的环形阵列，阵列半径为4.9cm，训练数据由构建的输入数据确定，其定义为：



其中代表一个高斯平滑函数，。通过



其中代表k-Wave前向过程，可得到对应的超声换能器的数据。由构成的数据对作为训练数据Tra，。其示意图如 所示。

测试数据对由公开数据集CHASE\_DB1 [2]生成，TES共有26对。

[2] Fraz MM, Remagnino P, Hoppe A, et al. An ensemble classification-based approach applied to retinal blood vessel segmentation. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2012;59(9):2538-2548. doi:10.1109/TBME.2012.2205687

## 模型

## 基于广义逆的光声前向系统矩阵计算

由矩阵方程（3）可知前向过程可被描述为一个矩阵算子，这在文献[1，2]有具体的表述。在本文中

[1] Huang C, Wang K, Nie L, Wang LV, Anastasio MA. Full-wave iterative image reconstruction in photoacoustic tomography with acoustically inhomogeneous media. *IEEE Trans Med Imaging*. 2013;32(6):1097-1110. doi:10.1109/TMI.2013.2254496

[2] Prakash J, Sanny D, Kalva SK, Pramanik M, Yalavarthy PK. Fractional Regularization to Improve Photoacoustic Tomographic Image Reconstruction. IEEE Trans Med Imaging. 2019;38(8):1935-1947. doi:10.1109/TMI.2018.2889314

为一列向量，长度为计算像素总数x\*y=88\*88=7744，S为一列向量，长度为换能器个数与时间采样步长之积，长度为26560。若如此计算，需要计算的前向矩阵大小为26560\*7744。

由TRA可知，共可构建7744组矩阵方程。



使用矩阵分析理论，我们可以得到第一个方程中，的广义逆，进而可计算得到系统函数的第一次迭代估计把带入到第二个方程，使用公式



可以得到系统函数的第二次迭代估计，一直重复n次



可获得优化过后的系统矩阵

## 基于深度学习的光声前向系统矩阵与光声逆问题

基于3.1的方案，我们很自然的想到了使用深度学习来解决系统矩阵的计算问题，在前向问题与逆问题中，我们均只使用了一个全连接层求解系统矩阵。

self.kWaveForward = nn.Linear(64 \* 121, 64 \* 415)

self.kWaveBackward = nn.Linear(64 \* 415, 64 \* 121)

参数量与3.1相同。

批量大小设置为128

损失函数选择为MSEloss

优化器选择Adam，学习率设置为0.0005

## 基于DAS与深度学习的光声逆问题

## 结果与讨论



## 参考文献