

大作业：SPECT 图像重建

1、任务概述

本次期末大作业要求：

根据 Contrast Phantom 的投影数据，编写代码，在计算机中实现对投影数据的重建，得到重建图像，评估图像质量，对重建结果进行分析。

上交内容：

- (1) 大作业报告，包括计算方法，重建结果，分析讨论
- (2) 本次大作业用到的代码。编程语言不限，但要求包含清晰的注释（关键变量、关键步骤、主要程序段结构）

2、SPECT 成像系统及 Phantom 过程描述

本次大作业提供的 SPECT 数据为一个二维的 SPECT 系统，对一个二维的对比度模型（Contrast Phantom）进行成像。

(1) SPECT 系统描述

SPECT 系统为一个装备平行孔准直器的 SPECT 系统，其结构如图 1 所示。

系统绕视野轴向旋转 360 度采集投影数据，如图 2 所示。数据采集过程中，从 $\theta=0^\circ$ 开始，每隔 6° 进行一次采集，共采集 60 个角度。

采集过程中，准直器前端面到视野中心的距离固定为 250mm，准直器后端面到探测器前端面的距离为 4.37mm。

被成像区域、探测器、准直器相关参数如表 1，表 2 和表 3 所示。

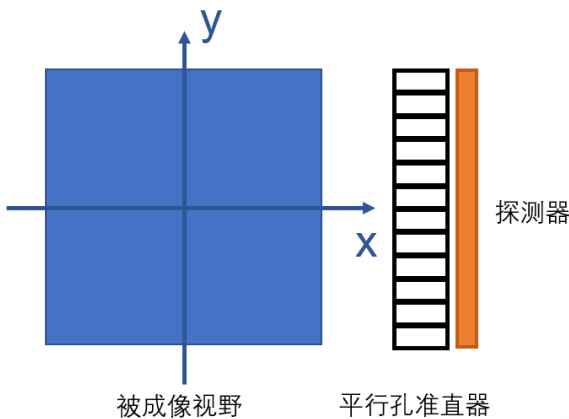


图 1 SPECT 系统结构示意图

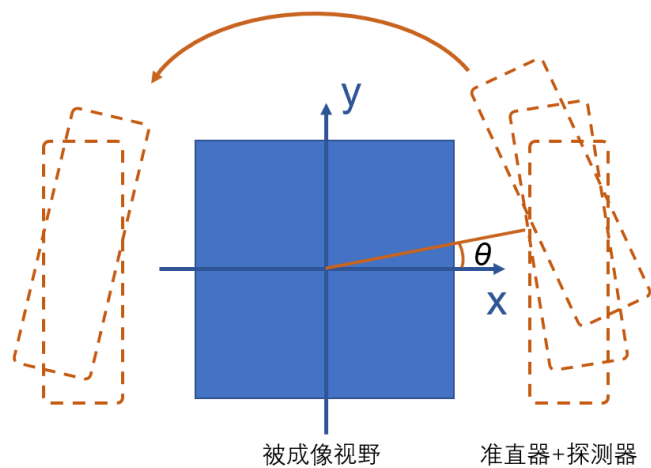


图 2 投影数据采集示意图

图像域尺寸	像素数目	像素尺寸
520mm x 520mm	128 x 128	4.0625mm x 4.0625mm

表 1 被成像区域参数

探测器材料	探测器尺寸	探测单元数目	探测单元尺寸
NaI	520mm x 9.5mm	128	4.0625mm x 9.5mm

表 2 探测器参数

准直器长度	准直孔数目	准直孔直径	孔间隔	准直器厚度
520.4mm	306	1.5 mm	0.2 mm	35 mm

表 3 准直器参数

(2) 对比度模型(Contrast Phantom)描述

本次 SPECT 扫描的模型为一个直径为 400mm 的圆，置于被成像区域中心。如图 3 所示，模型分为两部分，背景部分和热区。背景部分为一个直径 400mm 的圆，热区为 6 个直径分别为 8mm/16mm/24mm/32mm/40mm/48mm 的圆，所有热区圆心的坐标如表 4 所示。热区和背景都充满了含有 Tc-99m 核素的液体，活度浓度比为 5:1。(注：活度浓度为单位面积的放射性元素活度)。考虑液体对于伽马光子的衰减系数时，液体可以近似为水。

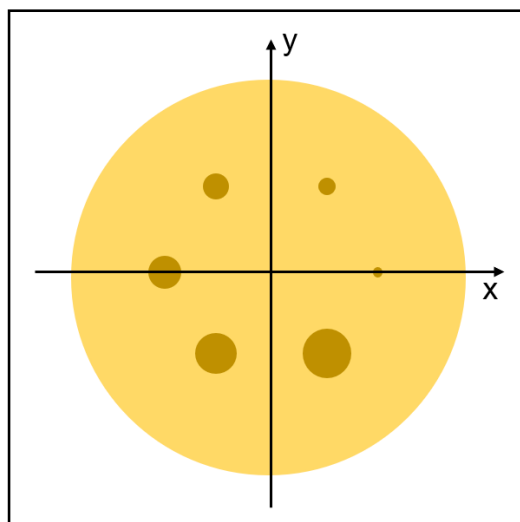


图3 Contrast Phantom 示意图

热区直径/mm	圆心 x 坐标/mm	圆心 y 坐标/mm
8	100	0
16	50	86.6
24	-50	86.6
32	-100	0
40	-50	-86.6
48	50	-86.6

表4 热区圆心坐标

(3) 数据组织格式

本次大作业提供三组投影数据进行重建，探测器总计数量分别为 $1e7, 1e6, 1e5$ ，数据文件共有 60×128 个数字，每个数字均以 4 字节的单精度浮点数 (float32 in MATLAB, float in C/C++) 格式存储，数据的排列方式如下图所示：

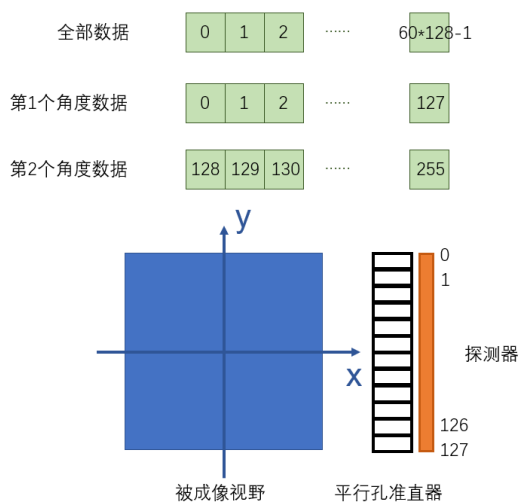


图4 数据组织格式

3、图像重建任务要求

(1) 利用 OSEM 算法重建图像

- 考虑本次课程中学习到的知识，计算系统传输矩阵，简单描述计算和建模过程（20 分）
- 选择合适的有序子集数目和迭代次数，对不同计数水平的投影数据进行图像重建，展示重建图像（35 分）

(2) 评估校正方法的影响

- 比较是否进行衰减校正对图像质量的影响，并简单分析原因（15 分）
- 比较是否进行准直器模糊响应校正对图像质量的影响，并简单分析原因（15 分，Bonus）

(3) 评估不同噪声水平下的图像重建质量

- 选择至少 3 个不同直径的热区，计算不同计数水平下，热区的 Contrast Recovery Coefficient，简称 CRC 随迭代次数的变化（15 分）
- 选择至少 3 个不同直径的热区，计算不同计数水平下，热区的 Contrast Noise Ratio，简称 CNR，随迭代次数的变化，并分析变化规律（15 分）

(4) 备注和其它要求

- 投影数据中的散射事件已经预先扣除
- Contrast Recovery Coefficient，为对比度恢复系数，其计算公式为

$$CRC(\%) = \frac{\mu_{rod} - \mu_{bak}}{\mu_{bak}} \bigg/ (C - 1)$$

其中， μ_{rod} 为热区重建图像的均值， μ_{bak} 为背景区域重建图像的均值， C 为热区和背景区域的实际活度比，在本问题中， $C = 5$ 。

- Contrast Noise Ratio，为对比噪声比，其计算公式为

$$CNR(\%) = \frac{|\mu_{rod} - \mu_{bak}|}{\sigma_{bak}}$$

其中， μ_{rod} 为热区重建图像的均值， μ_{bak} 为背景区域重建图像的均值， σ_{bak} 为背景区域图像值的标准差。

- 在本问题中，背景区域建议选择一个像素尺寸不小于 15*15 的区域。

4、图像展示软件

建议使用 Amide 软件展示重建图像。

Amide 读取和显示投影和重建数据示例：

Amide 下载地址：<http://amide.sourceforge.net/>

投影数据：

name:

modality:

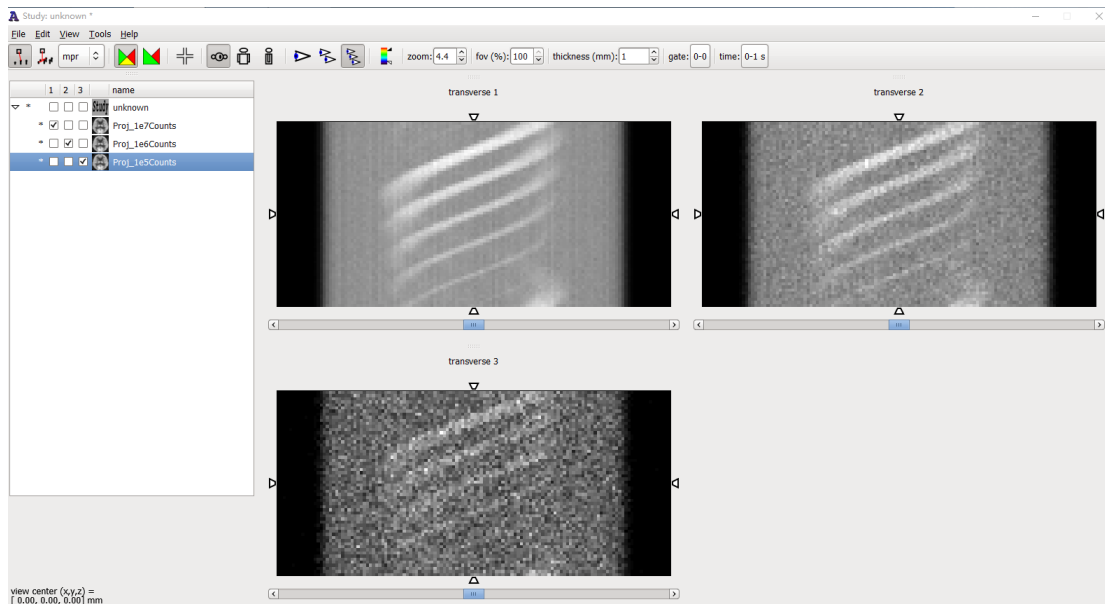
data format:

file size (bytes): 30720

read offset (bytes):

total bytes to read through: 30720

	x	y	z	gates	frames
dimensions (# voxels)	<input type="text" value="128"/>	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
voxel size (mm)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>		
scale factor	<input type="text" value="1.000"/>				



重建数据:

name:

modality:

data format:

file size (bytes): 65536

read offset (bytes):

total bytes to read through: 65536

	x	y	z	gates	frames
dimensions (# voxels)	<input type="text" value="128"/>	<input type="text" value="128"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
voxel size (mm)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>		
scale factor	<input type="text" value="1.000"/>				

