

图像细节增强实验报告

09019204

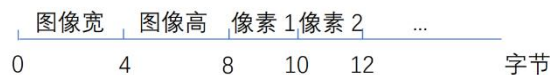
曹邹颖

一. 实验内容

本实验要求扩展实验 2 (灰度映射实验)，设计图像增强处理流程，实现图像细节增强，同时要求增强后的图像噪声没有明显放大。增强后的图像可以调用实验 2 的功能显示。

二. 实验要求

1. 程序使用 C++ 语言编写，集成开发环境可以选择 vs 或 Qt，灰度变换的核心代码不允许直接调用库函数实现，不允许使用 opencv 等第三方库。
2. 实验图像数据有效灰度范围[0, 4095]，即 12 位有效灰度，每像素 2 字节（最高 4 位数据无效，有效灰度保存于低 12 位）。数据文件为自定义格式（非标准格式），文件中的数据存放如下图：



文件开始的 4 字节存放图像宽，其后 4 字节存放图像高，此两参数均为无符号长整型 (unsigned long)，紧随其后为按光栅扫描顺序（从左向右，逐行扫描）存放的像素值，像素值为无符号短整型 (unsigned short)。所有多字节数据都按 intel 顺序（即低字节在前，高字节在后）存放。文件不包含其它数据。

图像增强的实验结果应包含三幅截屏图像（以下灰度窗的位置记为[窗位，窗宽]，其中窗位表示灰度窗中央位置的灰度值，窗宽表示灰度窗的宽度）：[1] lung.raw 文件包含的图像，以灰度窗[2048, 4096]显示，并将胸脊（胸椎）置于画面的中间位置；[2] lung.raw 文件包含的图像，以灰度窗[3000, 2000]显示，并将肺（左、右肺任选）置于画面的中间位置；[3] knee.raw 文件包含的图像，以灰度窗[250, 500]显示，并将膝关节置于画面的中间位置。

3. 自由设计图像增强流程和处理流程中的算法。

三. 实验设计

1. 处理流程的详细描述（包括流程图）

为保证图像细节增强的同时，图像噪声不会被明显放大，想到的思路是先进行一次图像平滑处理，再进行图像锐化处理。

设计了一个 CImageEnhancement 类继承自 CImageData 类，用于存放图像增强后的图像数据，调用图像平滑算法、锐化算法。其中图像平滑算法包括 void Gaussian(int wSize, double sigma, CImageData<T_DATA>*);高斯滤波器函数(自定义滤波器窗口大小和参数 σ)， void AveragingFilter(int wSize, CImageData<T_DATA>*);均值滤波器函数(自定义滤波器窗口大小)， void MedianFilter(int wSize, CImageData<T_DATA>*);中值滤波器函数(自定义滤波器窗口大小)，锐化算法选择的是 void Laplace(double k, CImageData<T_DATA>*);利用 Laplace 算子的图像锐化函数(自定义二阶微分前的权重参数 k)。

2. 处理流程中采用的算法

① void Gaussian(int wSize, double sigma, CImageData<T_DATA>*);

高斯滤波器函数(自定义滤波器窗口大小和参数 σ)

高斯滤波器的传递函数是高斯函数, 当 $wSize=2k+1$ 时, $H_{ij} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(i-k-1)^2+(j-k-1)^2}{2\sigma^2}}$;

② void AveragingFilter(int wSize, CImageData<T_DATA>*);

均值滤波器函数(自定义滤波器窗口大小)

均值滤波器是在它的空间域里对它命名的, 点扩展函数为 $\frac{1}{wSize*wSize} \cdot \begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$,

窗口越小, 对噪声抑制能力越差, 但是计算复杂度小;

③ void MedianFilter(int wSize, CImageData<T_DATA>*);

中值滤波器函数(自定义滤波器窗口大小)

通过将 $wSize*wSize$ 窗口内的像素值排序, 选出中值作为窗口中心的像素值, 非线性方法, 计算复杂度稍高, 且窗口宜小, 否则小于 $\frac{1}{2}$ 窗口的细节将会被滤掉;

④ void Laplace(double k, CImageData<T_DATA>*);

利用 Laplace 算子的图像锐化函数(自定义二阶微分前的权重参数 k)

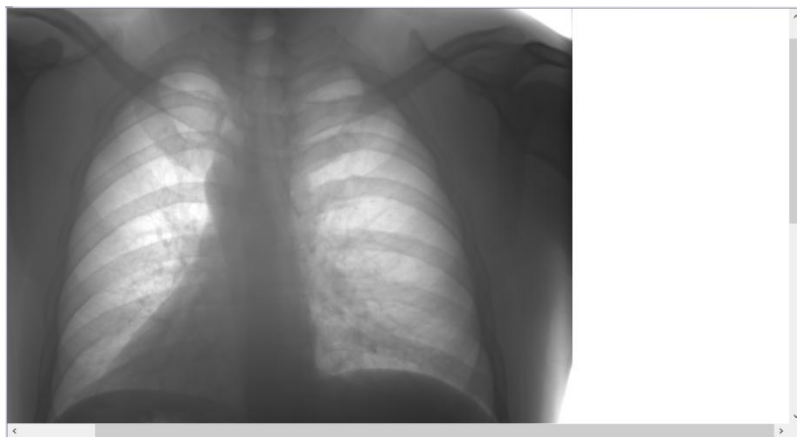
由于是数字图像, 可以算出一阶微分 $\nabla f = \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} = 2f(x,y) - f(x-1,y) - f(x,y-1)$, 二阶微分 $\nabla^2 f = 4f(x,y) - f(x-1,y) - f(x,y-1) - f(x+1,y) - f(x,y+1)$, 从而利用 $\hat{f}(x,y) = f(x,y) - k \cdot \nabla^2 f(x,y) (k > 0)$ 公式进行图像锐化。

四. 实验结果

针对实验给出的两幅灰度图像,

1. lung.raw 文件包含的图像, 以灰度窗[2048, 4096]显示, 并将胸脊(胸椎)置于画面的中间位置;

原图像:



选择 $wSize=3$, $\sigma=0.8$ 的高斯滤波+ $k=6$ 的 Laplace 算子权重参数进行锐化得到:

图像增强后
→



选择 $wSize=3$ 的均值滤波+ $k=6$ 的 Laplace 算子权重参数进行锐化得到:

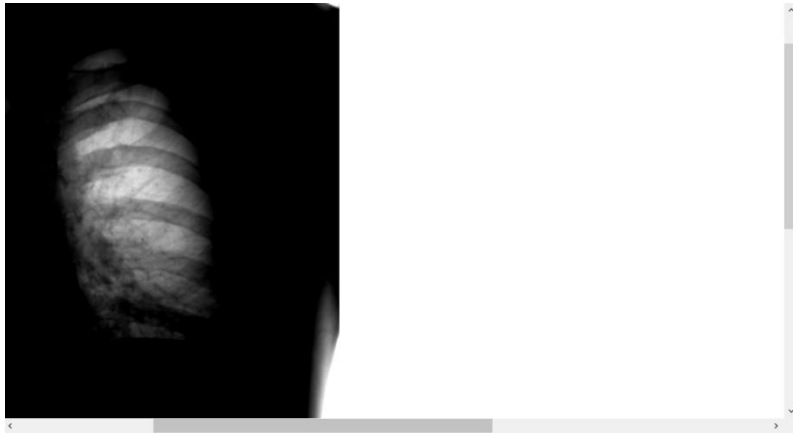


选择 $wSize=3$ 的中值滤波+ $k=6$ 的 Laplace 算子权重参数进行锐化得到:

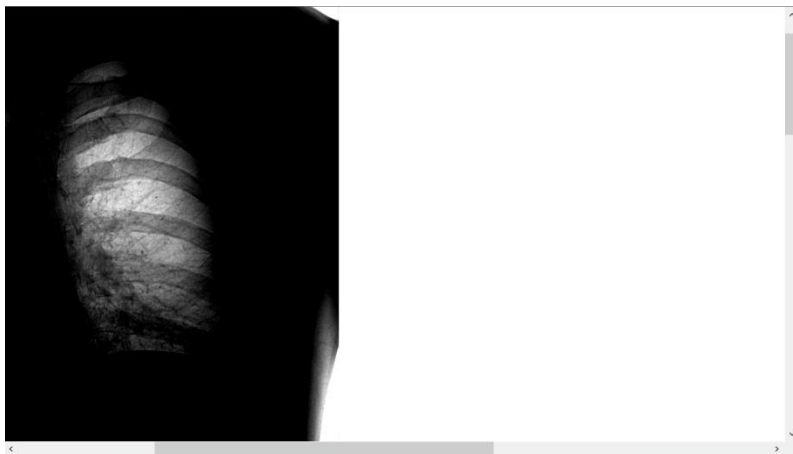


2. lung.raw 文件包含的图像，以灰度窗[3000, 2000]显示，并将肺（左、右肺任选）置于画面的中间位置；

原图像：

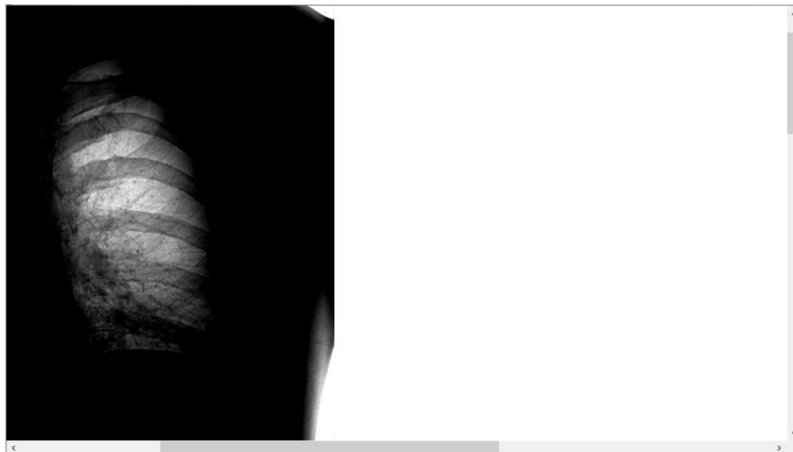


选择 $wSize=3$ ， $\sigma=0.8$ 的高斯滤波+ $k=6$ 的 Laplace 算子权重参数进行锐化得到：

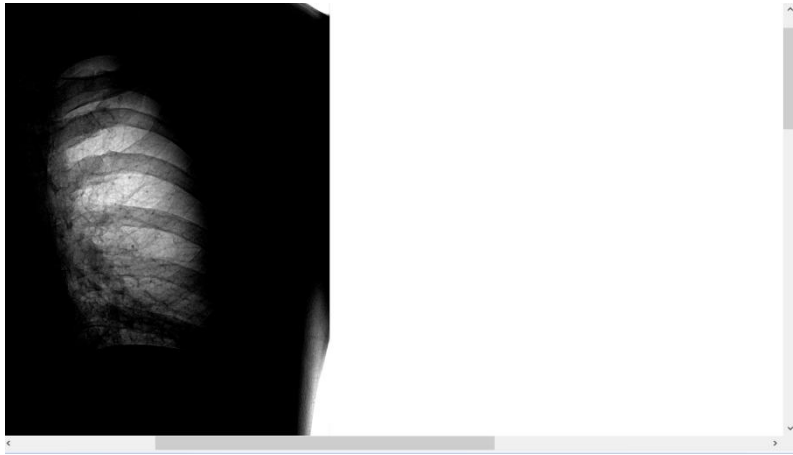


图像增强后
→

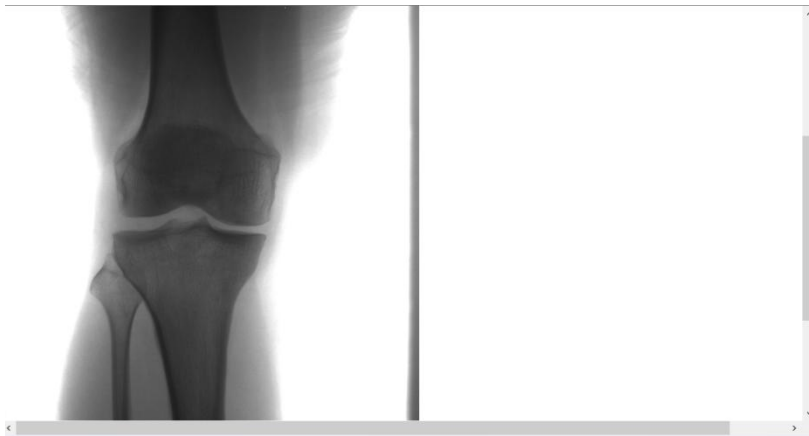
选择 $wSize=3$ 的均值滤波+ $k=6$ 的 Laplace 算子权重参数进行锐化得到：



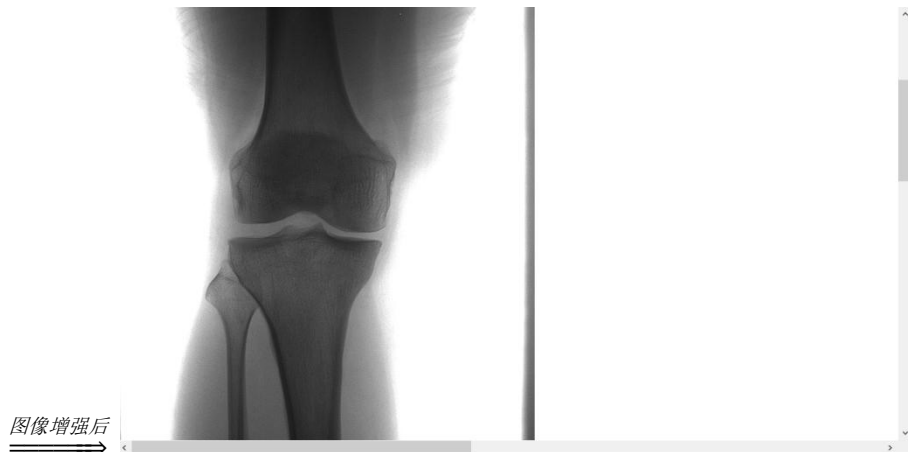
选择 $wSize=3$ 的中值滤波+ $k=6$ 的 Laplace 算子权重参数进行锐化得到：



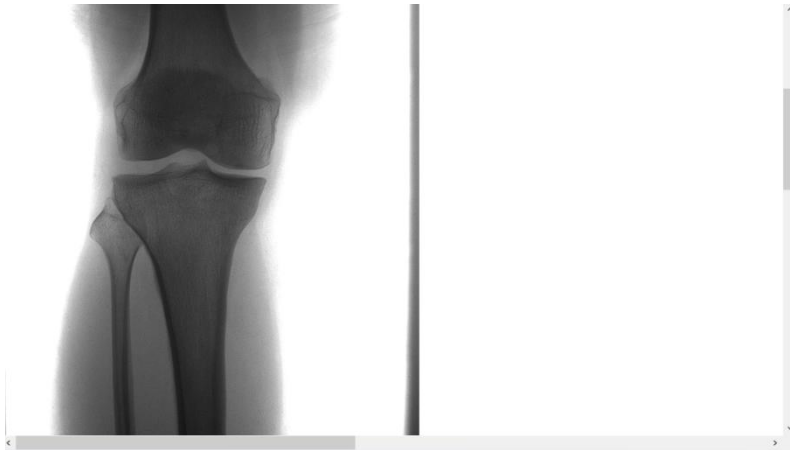
3. knee.raw 文件包含的图像, 以灰度窗[250, 500]显示, 并将膝关节置于画面的中间位置。



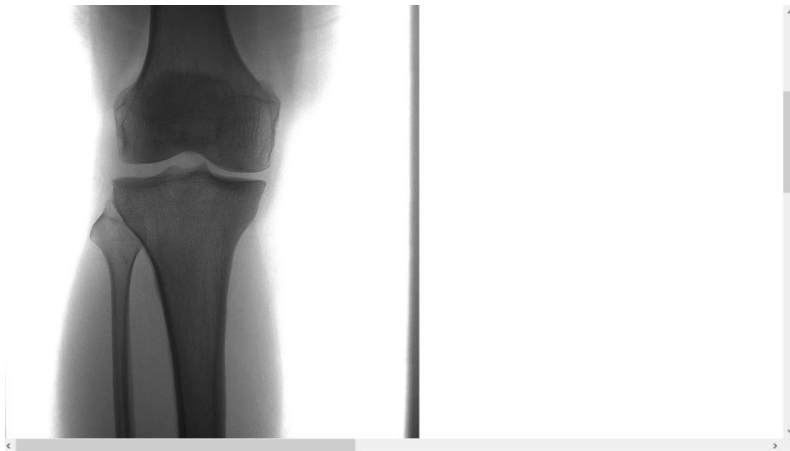
选择 $wSize=3$, $\sigma=0.8$ 的高斯滤波+ $k=2$ 的 Laplace 算子权重参数进行锐化得到:



选择 $wSize=3$ 的均值滤波+ $k=2$ 的 Laplace 算子权重参数进行锐化得到:



选择 $wSize=3$ 的中值滤波+ $k=2$ 的 Laplace 算子权重参数进行锐化得到：



由实验图像结果可见，在滤波器窗口较小的情况下，不同的图像平滑方法再进行一致的图像锐化算法，实验结果细节增强并没有太多差距。不过，从 UI 的反应时间可看出中值滤波器的计算复杂度比高斯滤波器、均值滤波器的计算复杂度要大。

但总的来说，先做图像平滑再做图像锐化的实验流程是可以肯定的，能较清楚地人眼看出处理后图像的细节相比原图像得到增强，且没有引入明显的噪声。