
医学 DR 图像基本阅片项目

软件开发报告

日期	修订版本	修订描述	作者	审核
2021-11-20	1.0	初稿	邹刘文	邹刘文
2021-11-23	2.0	补充	邹刘文	邹刘文
2021-11-28	3.0	完善	邹刘文	邹刘文

作者： 邹刘文

版本： 3.0

日期： 2021-11-28

目录

1 系统概述	3
1.1 系统标识.....	3
1.2 系统概要说明.....	3
1.3 系统用户定位.....	3
2 系统需求分析	3
2.1 功能性需求.....	3
2.2 非功能性需求.....	5
3 系统设计	5
3.1 系统总体设计	5
3.1.1 技术架构总体设计	5
3.1.2 页面总体设计.....	6
3.1.3 功能模块总体设计.....	6
3.2 系统详细设计	6
3.2.1 系统界面详细设计	6
3.2.2 系统功能模块详细设计	8
4 系统开发.....	12
4.1 编码规范	12
4.2 开发平台	12
5 系统测试	13
6 系统成果展示及分析	14
6.1 图像文件管理.....	14
6.2 图像基本信息获取.....	17
6.3 图像缩放.....	20
6.4 图像旋转.....	21
6.5 图像灰度窗映射.....	21
6.6 图像增强.....	24
6.7 图像重置.....	26
7 参考资料	26

1 系统概述

1.1 系统标识

医学 DR 图像基本阅片软件 v 1.0

1.2 系统概要说明

本系统主要提供对 DR（digital radiography, DR）类医学图像的基本功能支持。主要包括 DR 图像文件管理、图像基本信息获取、图像缩放、图像旋转、灰度窗映射、图像增强（细节增强、对比度增强）、图像重置这 7 类功能。特别需要指出的是，这里 DR 图像的文件格式并非标准格式，而是由用户自定义，需要由用户提前告知开发人员。

本系统由《数字图像处理基础》授课老师鲍老师提出，经由软件开发人员邹刘文完成。

1.3 系统用户定位

本系统主要面向两类用户。第一类是需要使用 DR 图像问诊的相关医生，本系统可以增强医生对图像的理解；第二类是从事医学图像处理研究的科研人员，本系统能通过 GUI 来显式呈现算法的研究结果。

2 系统需求分析

2.1 功能性需求（Functional Requirement, 简写为 FR）

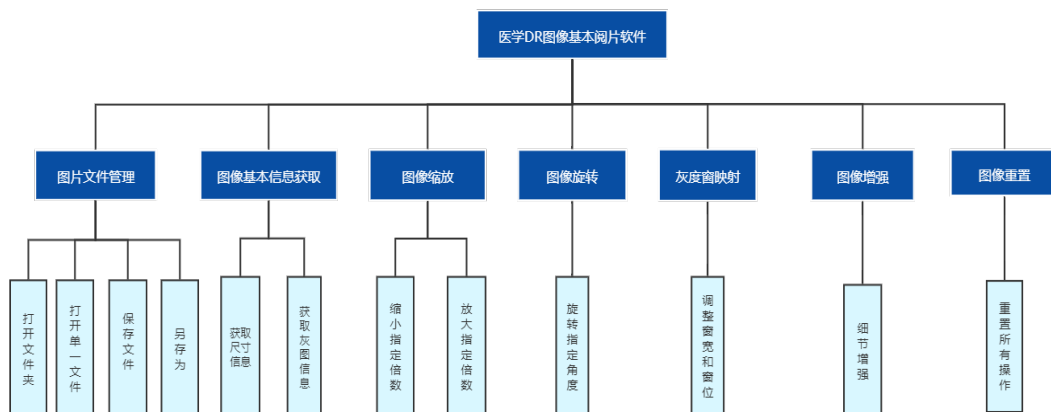


图 2-1 功能性需求结构图

功能模块	需求编号	需求名称	需求描述
FR1 图片文件管理	FR1-1	打开文件夹	读取文件夹下所有后缀名为raw的图片文件，将文件列表显示在界面；默认显示文件夹下的第一张图片；手动选择文件列表中的文件，然后显示
	FR1-2	打开单一文件	读取某一指定图片文件并显示
	FR1-3	保存文件	保存对原图像的所有操作，覆盖原图像
	FR1-4	另存为	将对原图像的所有操作另存为另外一个图像，不覆盖原图像
FR2 图片基本信息获取	FR2-1	获取尺寸信息	获取图像的高度和宽度
	FR2-2	获取灰度信息	获取图像的灰度值区间范围，利用灰度直方图显示图片灰度信息分布
FR3 图像缩放	FR3-1	缩小指定倍数	图片按照指定倍数缩小
	FR3-2	放大指定倍数	图片按照指定倍数放大
FR4 图像旋转	FR4-1	旋转指定角度	图片按照指定角度旋转
FR5 灰度窗映射	FR5-1	调整窗宽和窗位	在合理的窗位和窗宽范围内取值（合理窗宽的范围会随着窗位的改变而变化），从而调整图片的灰度分布，
FR6 图像增强	FR6-1	细节增强	增强图像的细节而不放大原有噪音
FR7 图像重置	FR7-1	重置所有操作	撤销对图像的所有操作，展示最初始的图像

2.2 非功能性需求(Non-Functional Requirement,简写为 UFR)

非功能性需求类别	需求编号	需求名称	需求描述
UFR1 用户界面需求	UFR1-1	风格一致	同类界面元素有相同的视觉和相同的操作方式
	UFR1-2	操作易用	无错误文字、图标直观明了、界面结构清晰
	UFR1-3	及时反馈	用户进行某项操作后，系统能够及时给出处理信息
	UFR1-4	布局合理	界面总体布局具有逻辑性，与工作流程吻合
	UFR1-5	放错处理	合理的错误避免和纠正，如检验、警告
UFR2 运行时间需求	UFR2-1	图像加载迅速	对自定义格式的 raw 图像文件的读取和显示在 3s 以内
	UFR2-2	图像操作迅速	对自定义格式的 raw 图像文件的图像处理操作和显示在 1s 以内
UFR3 可拓展性需求	UFR3-1	多种自定义图像格式读取	当有多种自定义图像格式的时候，用户可以在界面上显式地选择预定义的读取选项，系统将根据选中的读取方式来解析 raw 文件

3 系统设计

3.1 系统总体设计

3.1.1 系统技术架构总体设计



图 3-1 技术架构总体设计图

3.1.2 页面总体设计

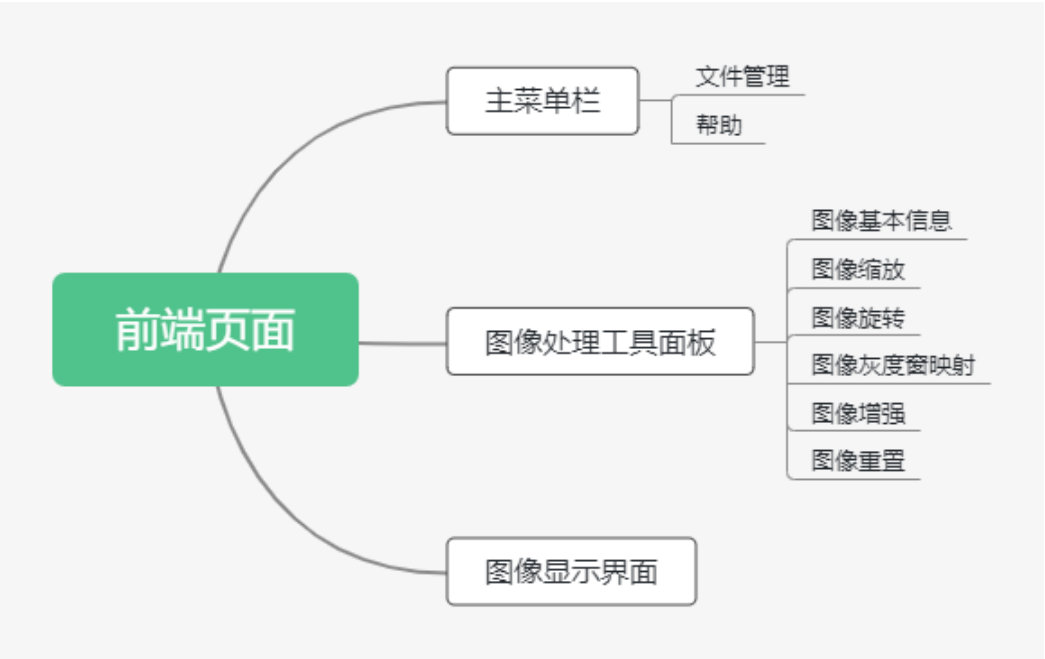


图 3-2 页面总体设计

3.1.3 功能模块总体设计

与系统需求结构图一一对应。

3.2 系统详细设计

3.2.1 系统界面详细设计

系统界面由如下图所示的主菜单区（1）、文件快捷打开区（2）、图像处理工具面板区（3）、图像显示区（4）这四个区域组成。

其中主菜单区主要对应于图像文件管理需求模块（FR1），文件快捷打开区是主菜单部分功能的快捷方式；图像处理工具面板区对应于图像基本信息获取（FR2）、图像缩放（FR3）、图像旋转（FR4）、灰度窗映射（FR5）、图像增强（FR6）、图像重置（FR7）需求模块；图像显示区主要实时展现图像处理结果。

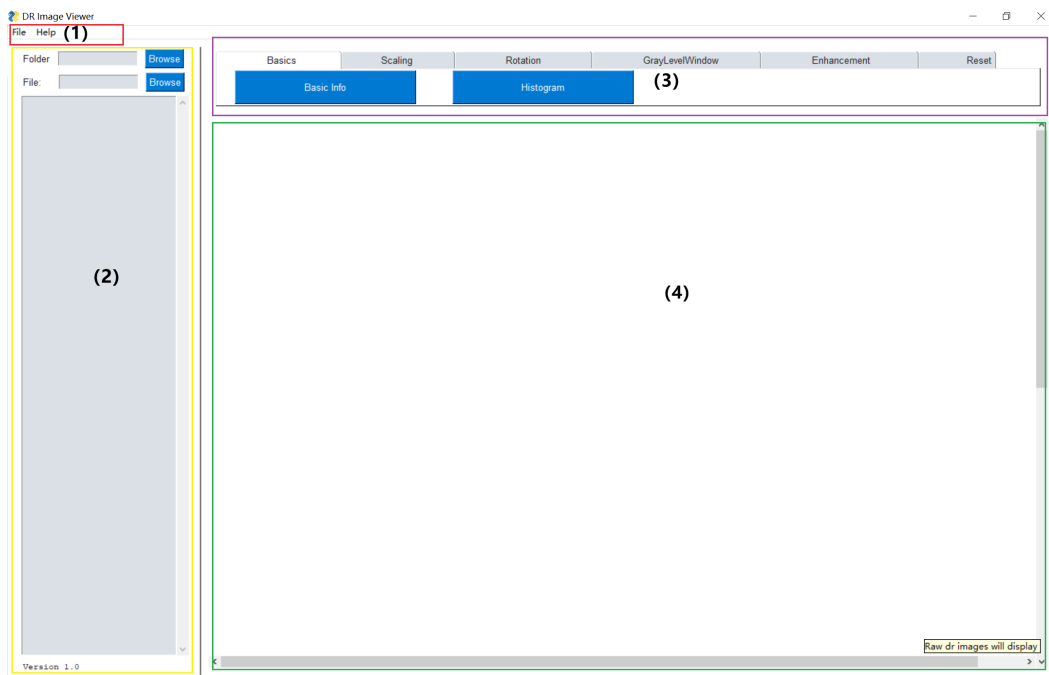


图 3-3 系统界面区域划分图

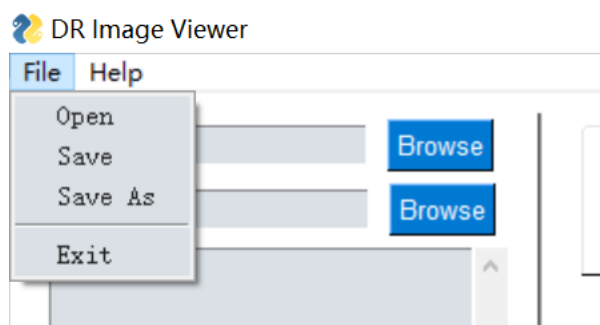
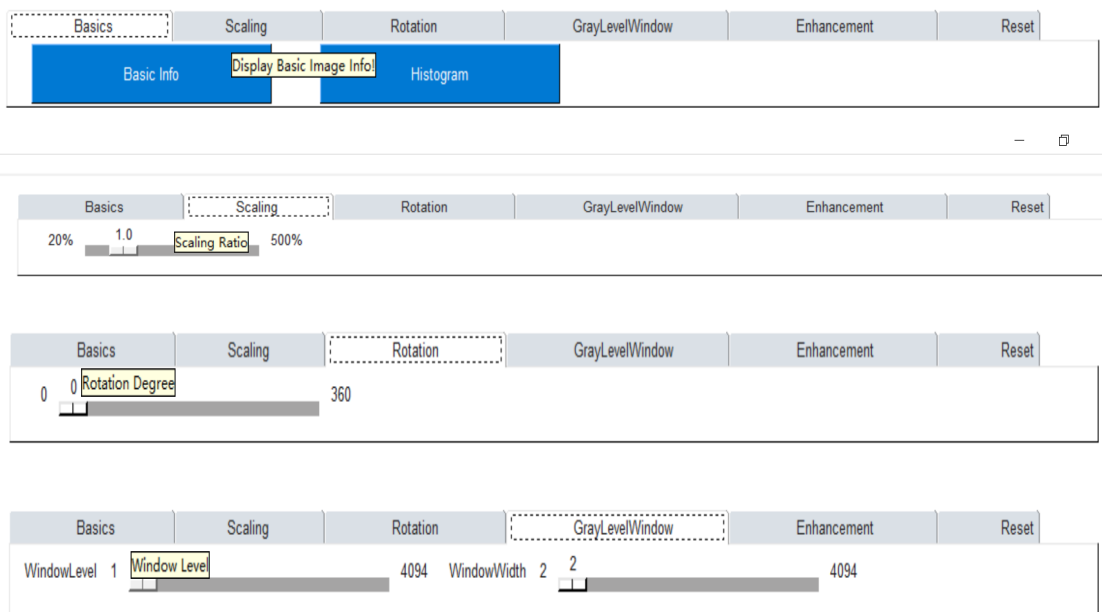


图 3-4 主菜单区详情



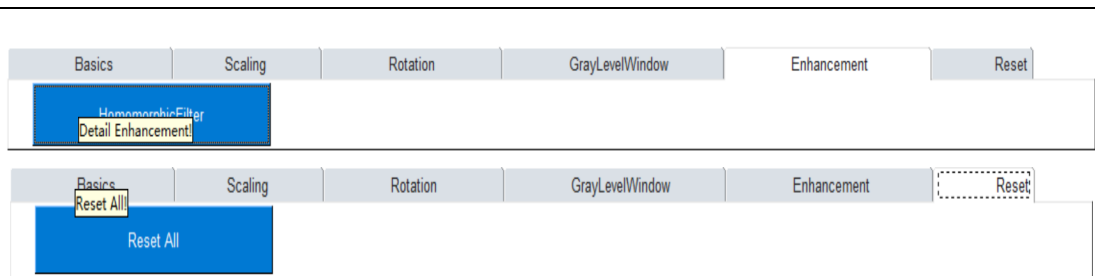


图 3-5 图像处理工具面板区详情

3.2.2 系统功能模块详细设计

3.2.2.1 图像文件处理模块

子模块编号	子模块名称	具体设计	
		操作流程	核心算法
Module1-1	打开文件夹	点击“Folder”按钮，选择包含raw文件类型的文件夹，点击“OK”；选择左侧文件列表中的一项点击，右侧图像显示区域展示选中的图像	raw 类型文件的读取和显示： a) 使用文件字节流的方式来读取raw文件，1-4 字节、5-8 字节按照其小端存储的方式直接读取出图像的宽度 w 和高度 h ，据此构造 $h * w$ 的灰度矩阵；然后每两个字节按照小端方式读取低 12 位的值作为 1 个像素值，将这些像素值按顺序存储进数组。 b) Windows 系统不能显示 12 位的灰度图，故需要将原始图像灰度范围线性映射到【0, 255】，映射后的图像用于显示。
Module1-2	打开单一文件	点击“File”按钮，选择一个后缀名为raw的文件，点击确定；右侧图像显示区域展示图像	
Module1-3	保存文件	点击菜单项“File”，然后再点击“Save”子菜单	raw 文件类型的写入： 使用文件字节流的方式来写入raw文件，先将当前操作后图片的 width 和 height 按照小端存储的方式分别向文件中写入 4 字节，然后对于每个像素的灰度值，同样按照小端存储的方式每次向文件中写入 2 个字节。
Module1-4	另存为	点击菜单项“File”，然后再点击“Save As”，在弹出的文件对话框内选择保存位置并填写文件名，最后点击“OK”	

3.2.2.2 图像基本信息获取模块

子模块编号	子模块名称	具体设计	
		操作流程	核心算法
Module2-1	获取尺寸信息	点击工具面板上的“Basics”选项卡，点击下方的“Basic Info”按钮，弹出图像基本信息框	直接获取图像数组的 shape 即可
Module2-2	获取灰度信息	点击工具面板上的“Basics”选项卡，点击下方的“Histogram”按钮，弹出图像灰度直方图	利用 np.histogram 函数

3.2.2.3 图像缩放模块

子模块编号	子模块名称	具体设计	
		操作流程	核心算法
Module3-1	缩小指定倍数	点击工具面板上的“Scaling”选项卡,向左滑动到某一倍数位置	cv2.resize 函数
Module3-2	放大指定倍数	点击工具面板上的“Scaling”选项卡,向右滑动到某一倍数位置	cv2.resize 函数

3.2.2.4 图像旋转模块

子模块编号	子模块名称	具体设计	
		操作流程	核心算法
Module3-1	旋转指定角度	点击工具面板上的“Rotation”选项卡,向右滑动到某一角度	cv2.rotate 函数

3.2.2.5 图像灰度窗映射模块

子模块编号	子模块名称	具体设计	
		操作流程	核心算法
Module5-1	调节窗宽和窗位	<p>当读入图片以后，窗位滑动条的范围为（图像最小灰度值+1，图像最大灰度值-1），初始位置为最左端；窗宽滑动条的范围为（2，图像灰度区间长度），初始位置为最左端。</p> <p>移动窗位滑动条，窗宽滑动条的范围会自动发生改变，默认此时的窗宽位置自动调整到最右端；移动窗宽滑动条，窗位保持不变。滑动条移动时，图像都会更新。</p>	<p>线性灰度窗映射： 相当于分段映射函数，值在滑窗之外且在左侧，则映射为 0；值在滑窗之外且在右侧，则映射为 255；值在滑窗之内，则先利用最大最小值归一化归一到[0,1]，再放大至[0,255]区间。</p> <p>为了加快运算速度，使用 np.select 向量化方式来替代多重循环，能够缩短时间至 0.5s 以内</p>

3.2.2.6 图像增强模块

子模块编号	子模块名称	具体设计	
		操作流程	核心算法

Module-1	细节增强	<p>点击工具面板上的“Enhance ment”选项卡，点击下方的“HomomorphicFilter”按钮，得到细节增强后的图像</p>	<p>同态滤波算法^{[1][2]}:</p> <p>a) 适用场景: 属于图像频率域处理范畴,其作用是对图像灰度范围进行调整,通过消除图像上照明不均的问题,增强暗区的图像细节,同时又不损失亮区的图像细节</p> <p>b) 算法原理: 图像可以分解为照射分量和反射分量的乘积,即:</p> $f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y)$ <p>同态滤波的整个流程可以分为 3 步概括:</p> <p>1) 利用对数来分离照射分量和反射分量,然后映射到频率域:</p> $z(x,y) = \ln(f(x,y) + 1)$ $= \ln i(x,y) + \ln r(x,y)$ $Z(u,v) = Fi(u,v) + Fr(u,v)$ <p>2)构造滤波器然后进行滤波:这里的滤波器通常是基于高斯高通滤波器来构造(c 控制滤波器的形态,即从低频过度到高频的陡峭程度, d_0 为截至频率参数, G_h、G_l、H_h、H_l 用于控制频率区间,且 $G_h > 1, H_h > 1, G_l < 1, H_l < 1$)</p> $H_g(u,v) = (G_h - G_l)e^{-\frac{cd^2(u,v)}{2d_0^2}} + G_l$ $H(u,v) = (H_h - H_l)H_g(u,v) + H_l$ $S(u,v) = H(u,v)Z(u,v)$ $= H(u,v)Fi(u,v) + H(u,v)Fr(u,v)$ <p>3)映射回空间域,并合并照射分量和反射分量:</p> $s(x,y) = IDFT(S(u,v))$ $g(x,y) = e^{s(x,y)} - 1$
			参数选择:

			<p>Gh 设置为 2, Gl 设置为 0.5, Hh 设置为 2, Hl 设置为 0.7, c 设置为 4, d0 设置为 17.</p> <p>a) d0 设置的理由: 截至频率越低,对比度越高,图像越清晰,但是会有细节丢失;截止频率越高,对比度越低,图像更模糊但是更平滑,但是图像细节会保留得多一点。经过实验将 d0 设置为 17 时图片既具有较好的对比度又没有丢失细节。</p> <p>b) H_l 和 H_h 设置的理由: H_l 一般设置为 0.5, H_h 一般设置为 2,但是在此问题中经过实验发现 H_l 设置为 0.5 时, lung.raw 和 lumbar.raw 大量区域变亮,灰度细节消失,对比度过高,故增加 H_l 使得对比度减小。</p>

3.2.2.7 图像重置模块

子模块编号	子模块名称	具体设计	
		操作流程	核心算法
Module7-1	重置所有操作	点击工具面板上的“Reset”选项卡,然后点击下方“Reset All”按钮,得到对比度增强后的图像	设置两类变量,一类用于存储最开始读入的图片数据 <code>original_img</code> ,另一类用于存储经过各种操作后的图片数据 <code>cur_img</code> ,重置时将 <code>cur_img</code> 重新赋值为 <code>original_img</code>

4 系统开发

4.1 编码规范

Python3.8 编码规范、PySimpleGUI 4.55.1 编码规范^[3]

4.2 开发平台

Pycharm 2020.1.25

5 系统测试

用例编号	用例内容	预期输出	实际输出 == 预期输出
UC1.1	打开 lung.raw 文件	正确显示原图像	True
UC1.2	另存为 lung2.raw 文件	成功且正确保存	True
UC2.1	显示 lung.raw 图像信息	显示宽为 1500，高为 1534	True
UC2.2	显示 lung.raw 灰度分布	正确显示，灰度在 250-200 之间	True
UC3.1	缩小 lung.raw 图像到 50%	显示的图片缩小	True
UC3.2	放大 lung.raw 图像到 200%	显示的图片放大	True
UC4.1	旋转 lung.raw 图像 60 度	图片顺时针旋转对应角度	True
UC5.1	不断向右滑动窗位位置	窗宽范围自动变化，图片灰度发生相应变化	True
UC5.2	窗位不动，滑动窗宽位置	图片灰度发生相应变化	True
UC6.1	对 lung.raw 图像进行同态滤波	图片对比度增加，细节变清晰	True
UC7.1	图像重置	图片恢复到初始状态	True

6 系统成果展示及分析

6.1 图像文件管理

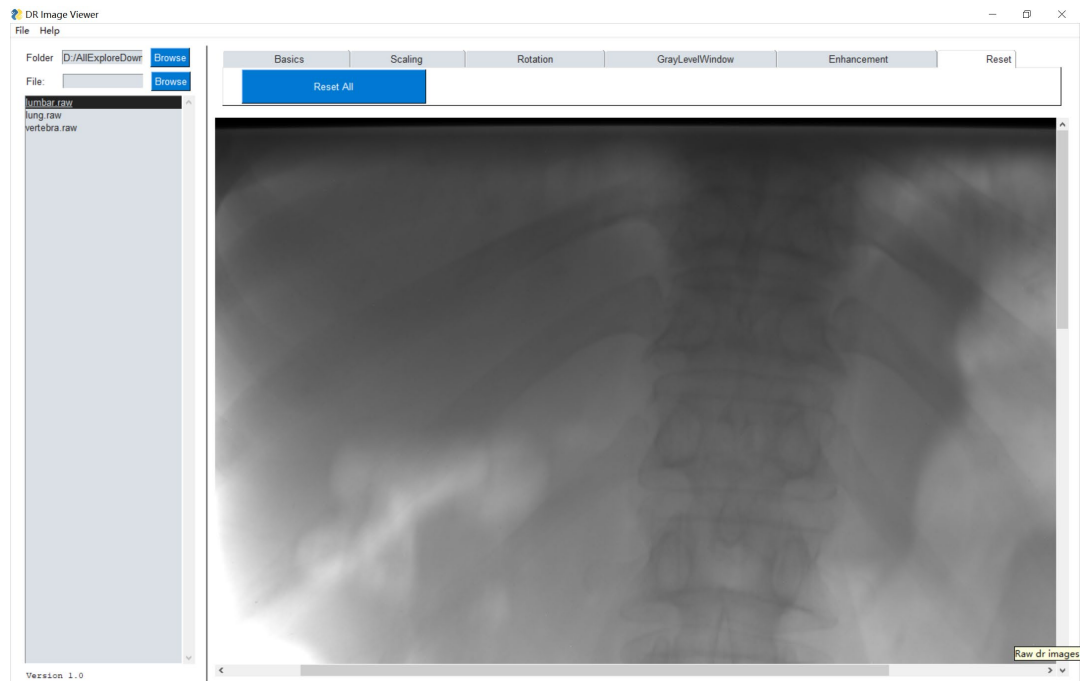


图 6-1 lumbar.raw 读取

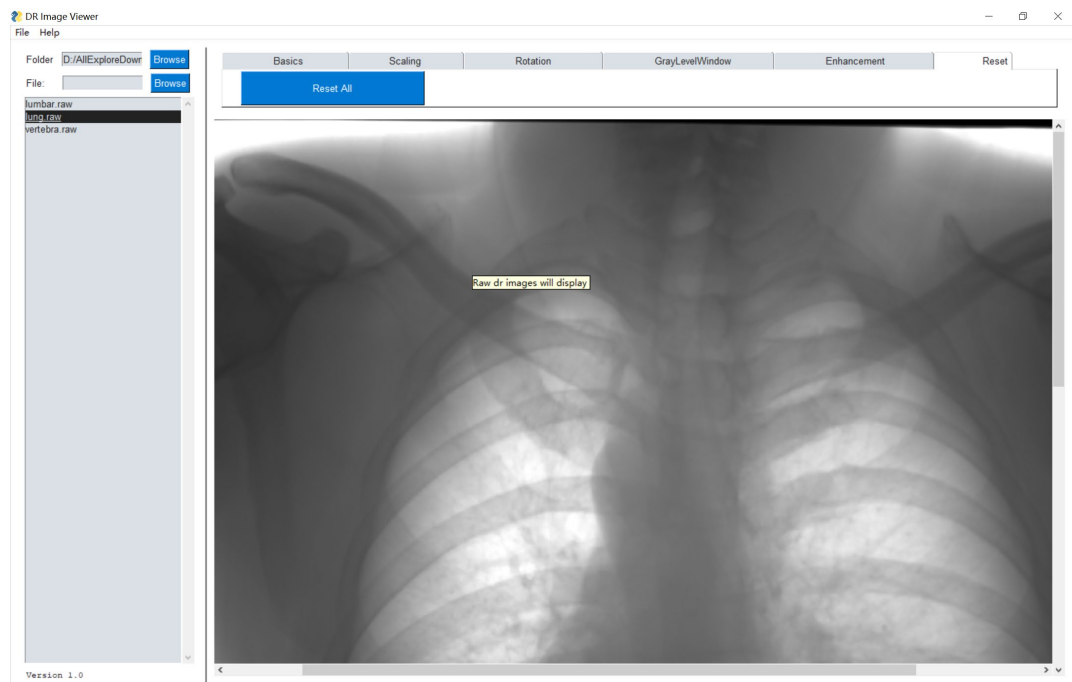


图 6-2 lung.raw 读取

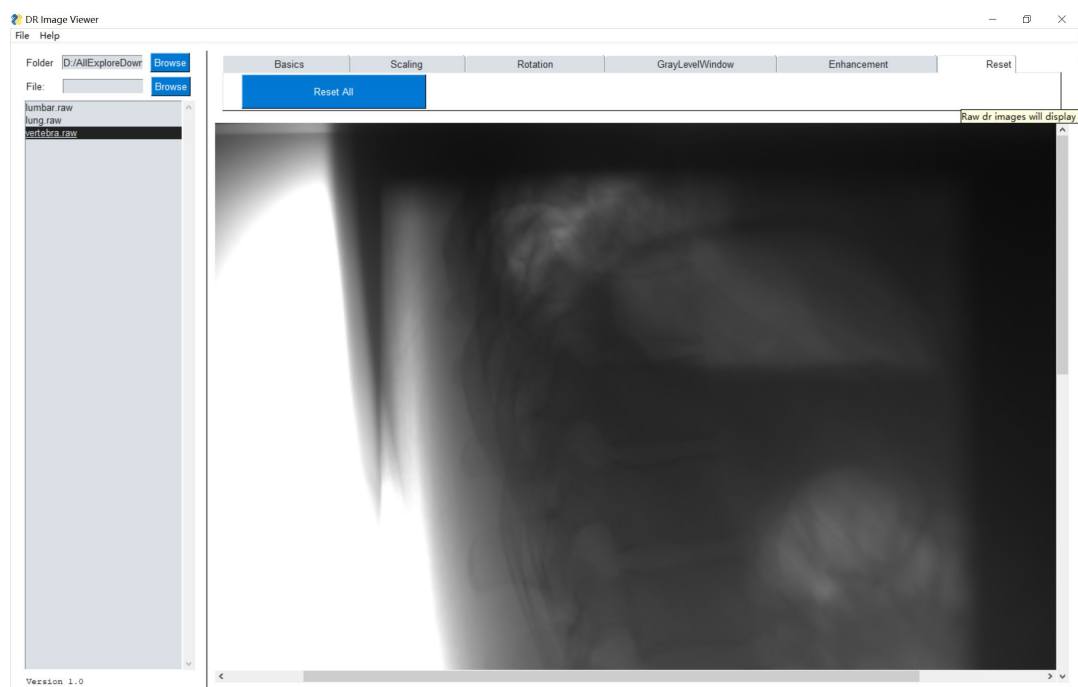
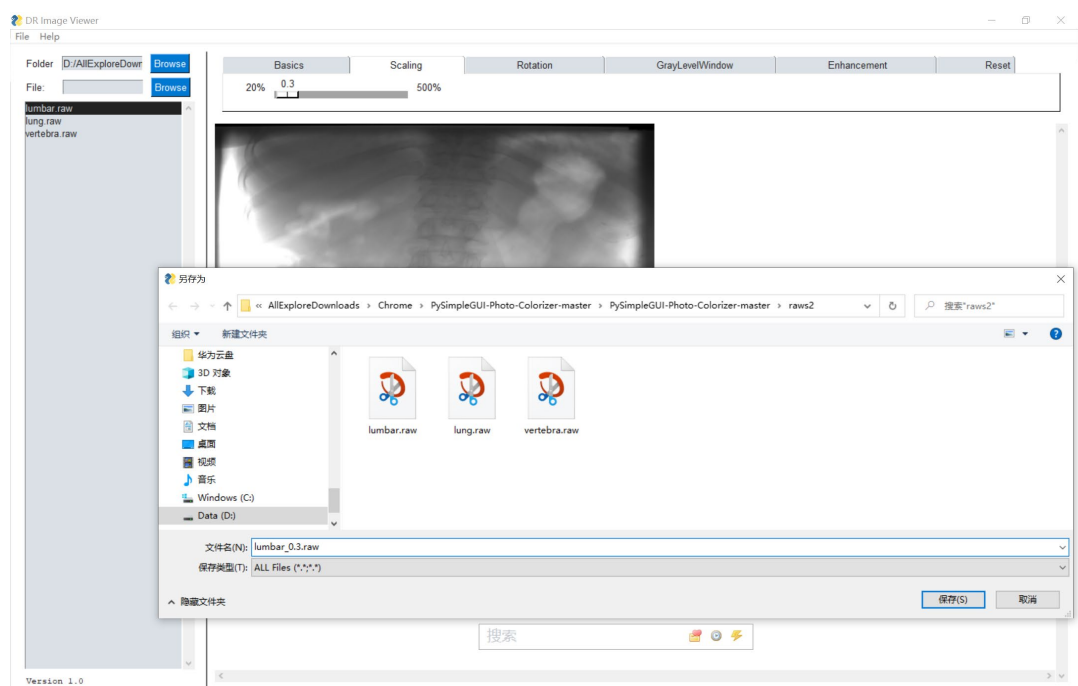


图 6-3 vertebra.raw 读取



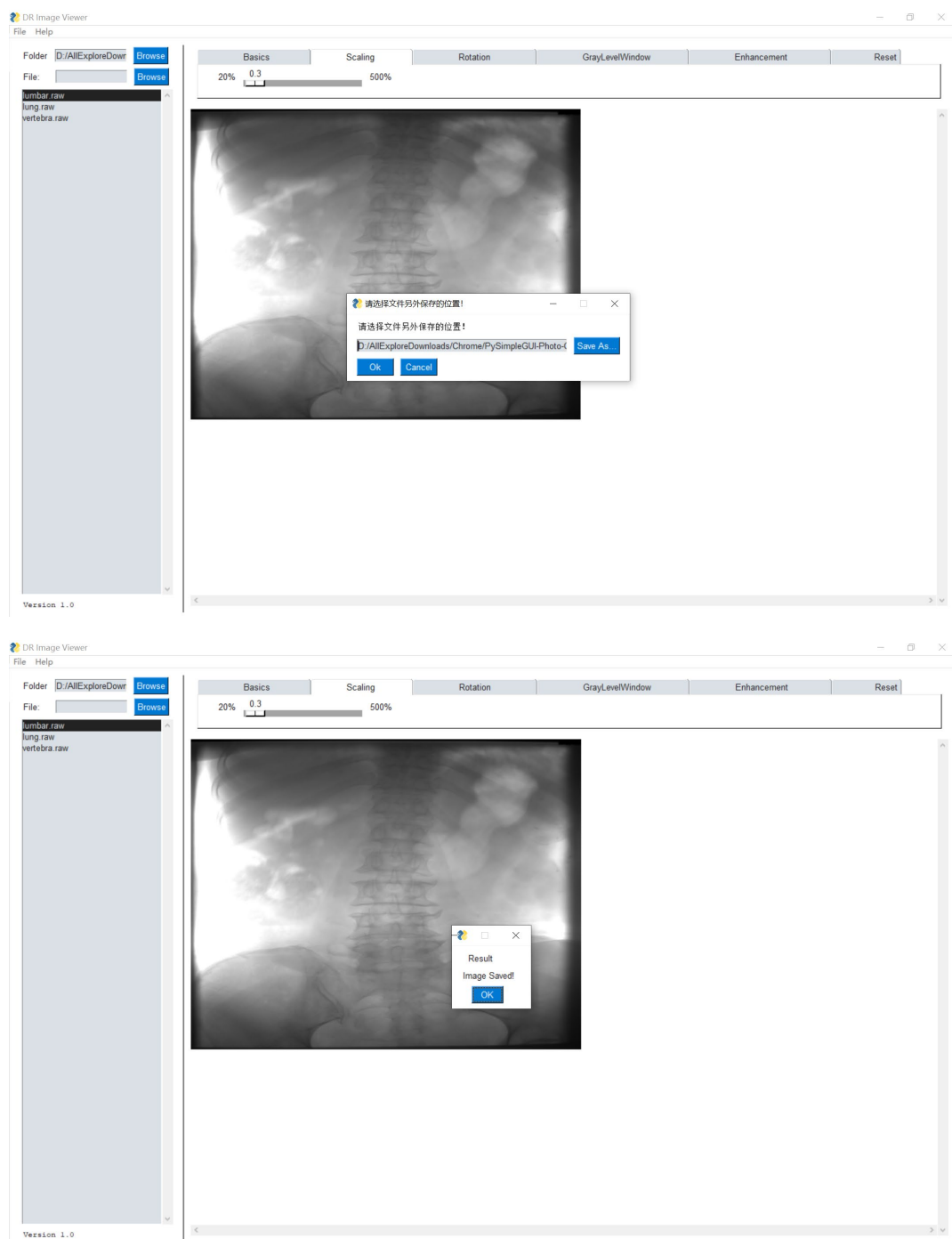


图 6-4 lumbar.raw 缩小 0.3 倍后另存为

6.2 图像基本信息获取

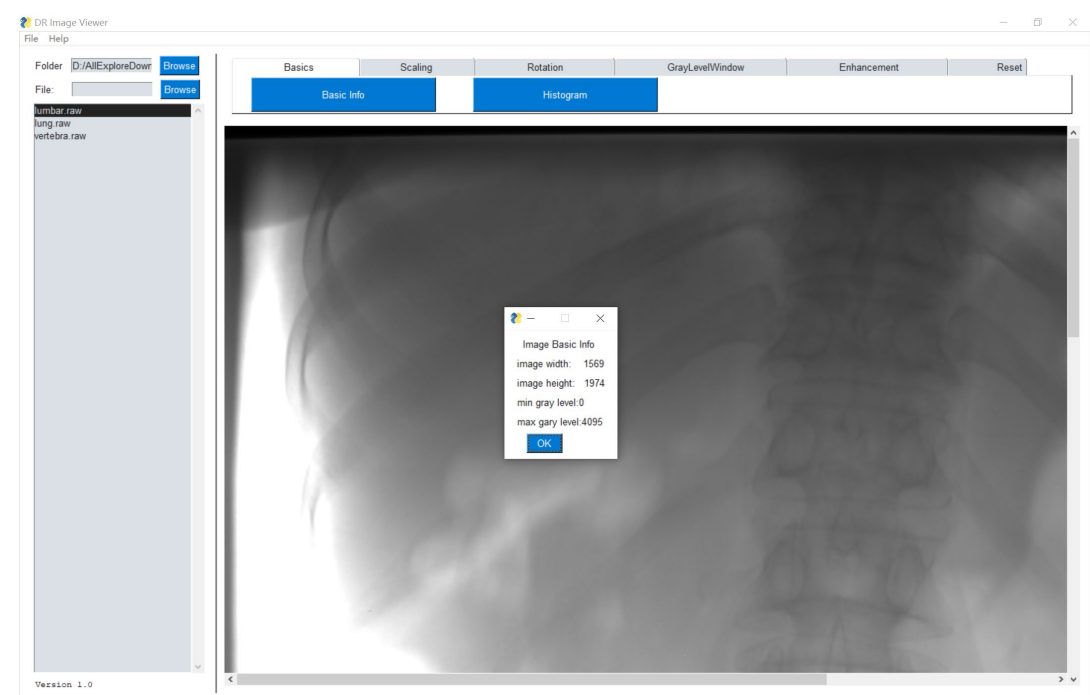


图 6-5 lumbar.raw 图像基本信息

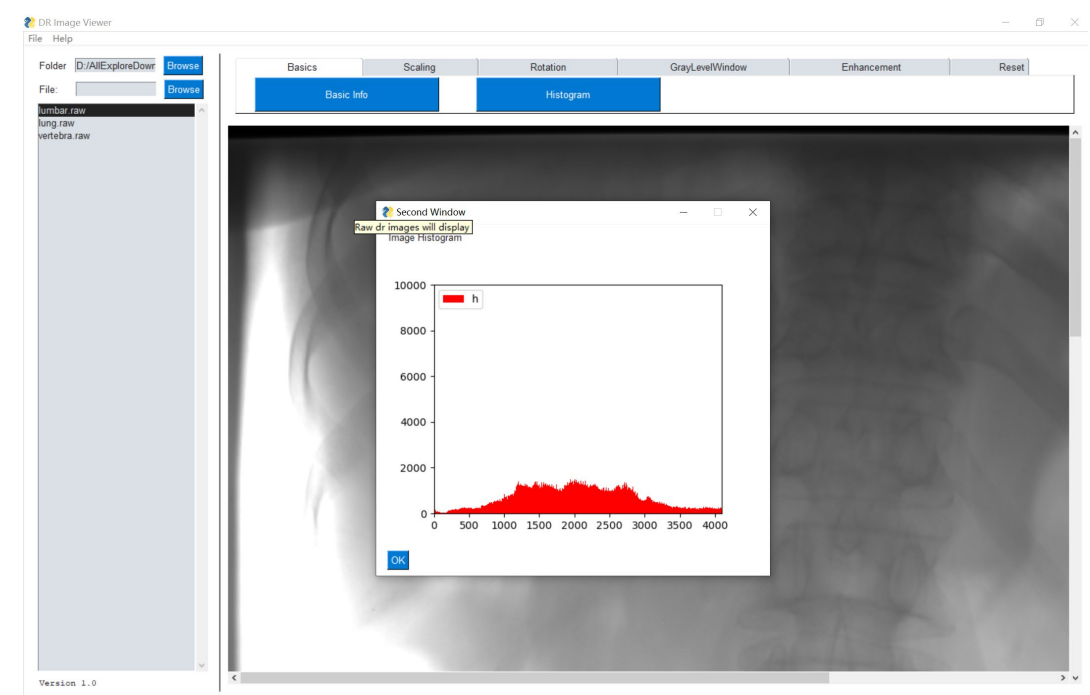


图 6-6 lumbar.raw 灰度直方图

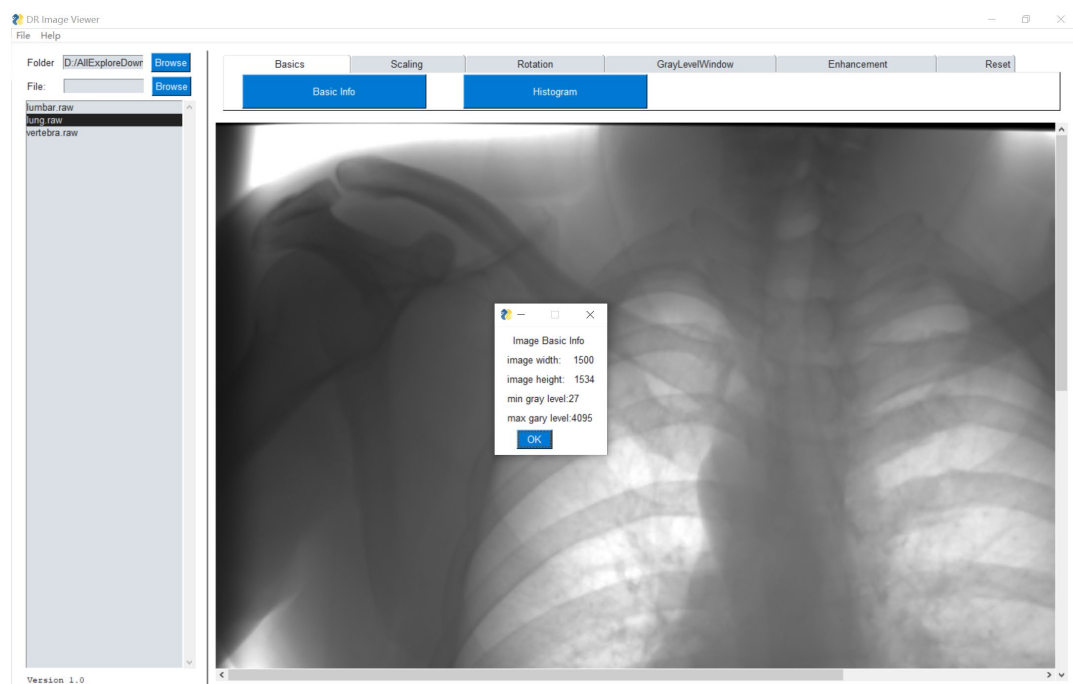


图 6-7 lung.raw 图像基本信息

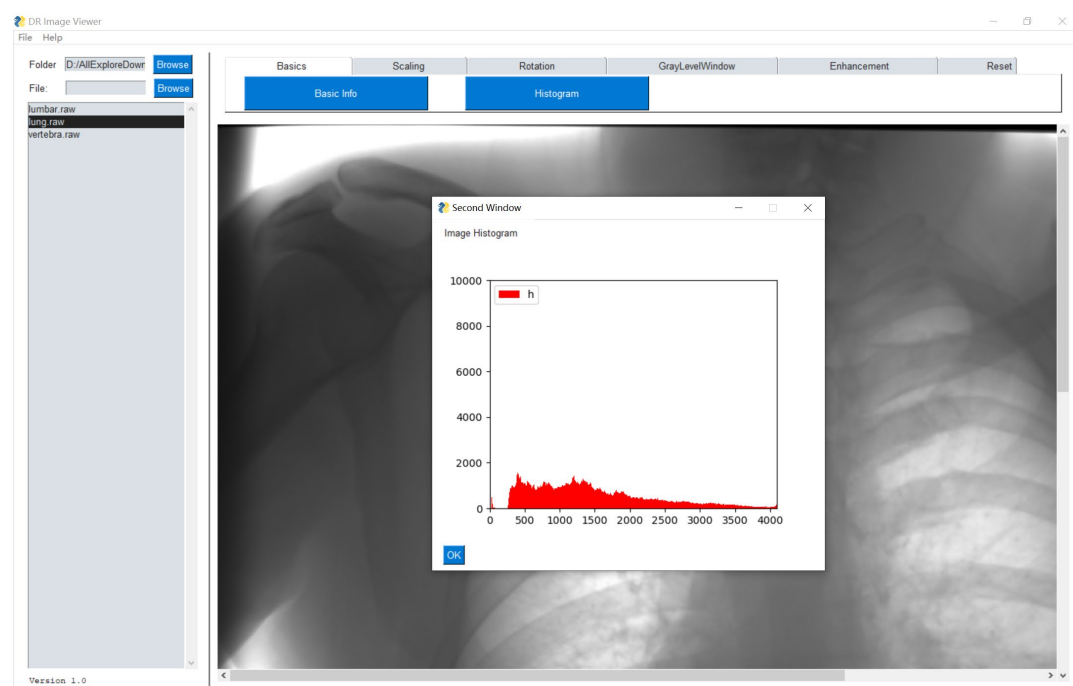


图 6-8 lung.raw 灰度直方图

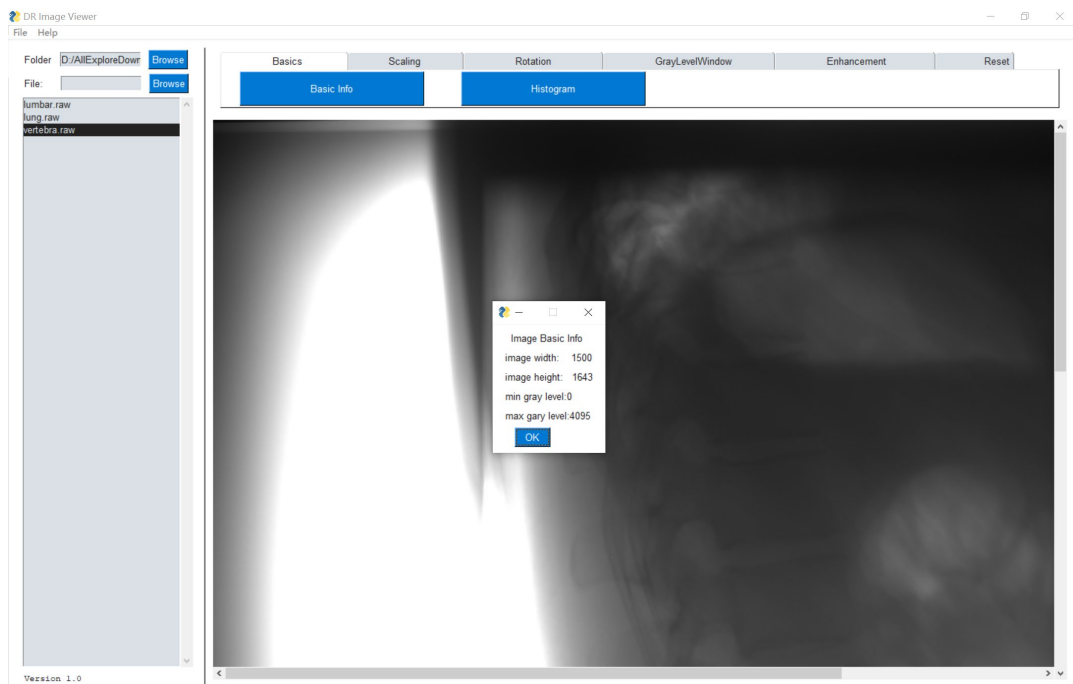


图 6-9 vertebra.raw 图像基本信息

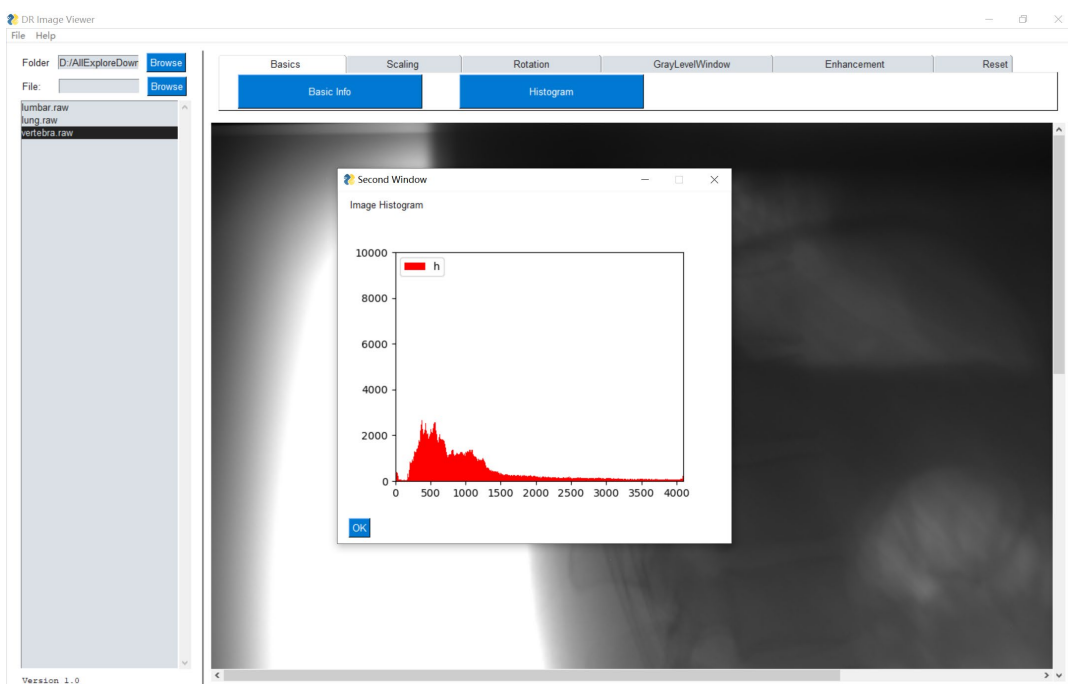


图 6-10 vertebra.raw 灰度直方图

分析：三张图片都具有相同的图像尺寸，vertebra.raw 和 lumbar.raw 的灰度范围都是【0，4095】，而 lung.raw 的灰度范围是【27，4095】；

通过比较灰度直方图，可以发现 lumbar.raw 的灰度范围集中在【1250，2750】，lung.raw 的灰度范围集中在【250，1500】，vertebra.raw 的灰度范围集中在【250，

1000】，也就说 **lumbar.raw** 的灰度以中间灰度值为主，且灰度区间范围大，而 **lung.raw** 和 **vertebra.raw** 都集中在低灰度段，且灰度区间比较狭窄。

6.3 图像缩放

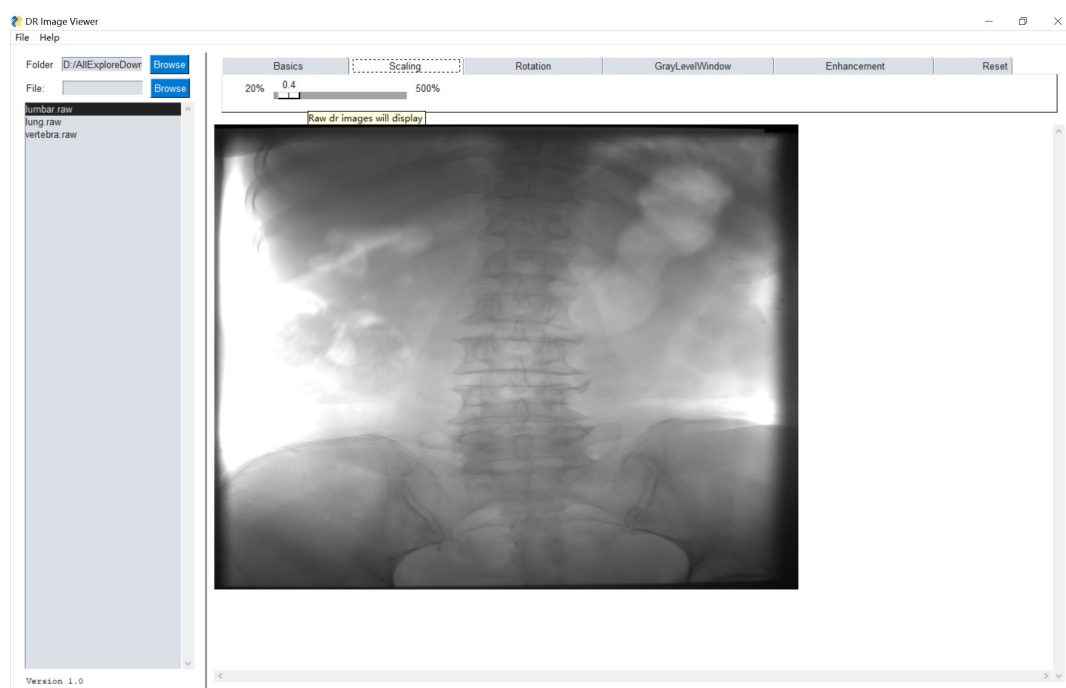


图 6-11 lumbar.raw 图像缩小 0.4 倍

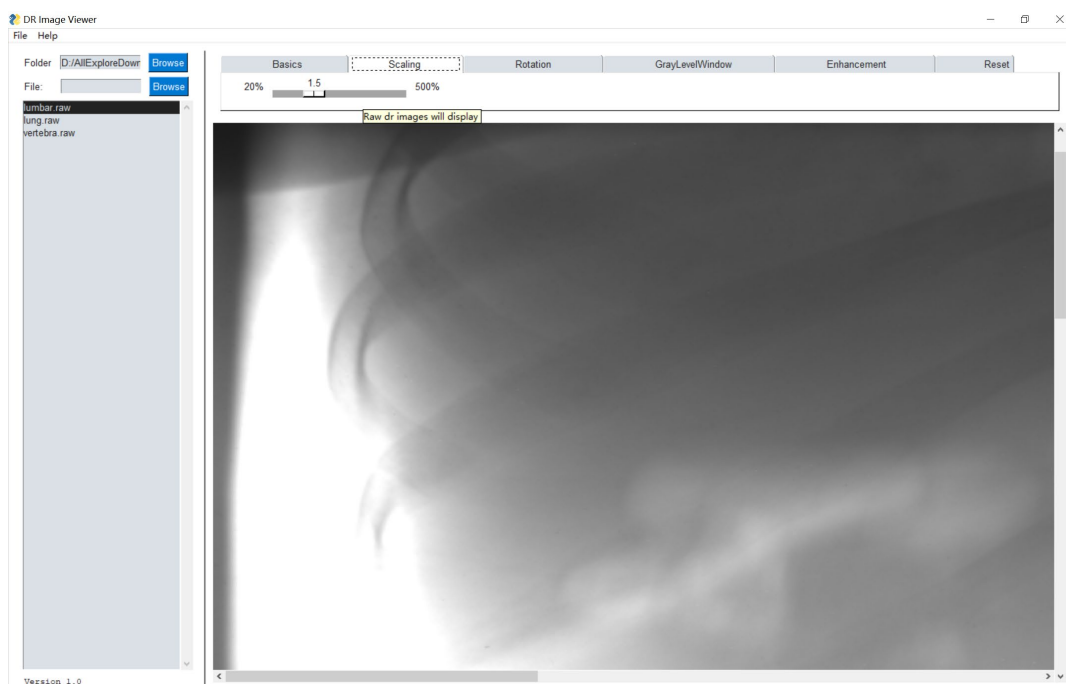


图 6-12 lumbar.raw 图像放大 1.5 倍

6.4 图像旋转

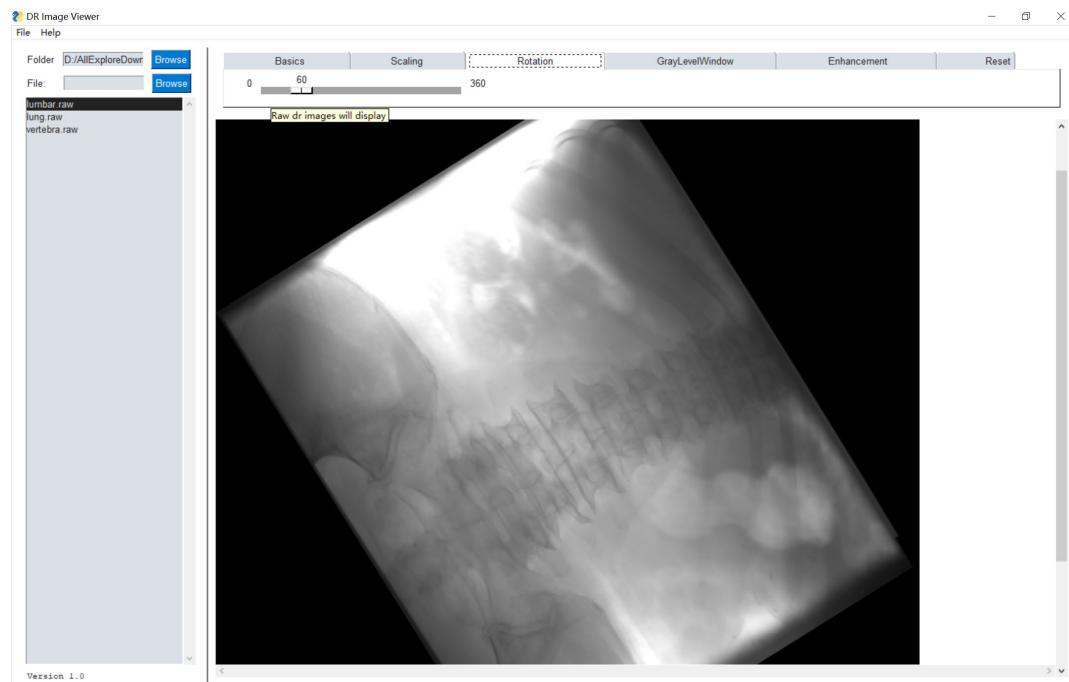
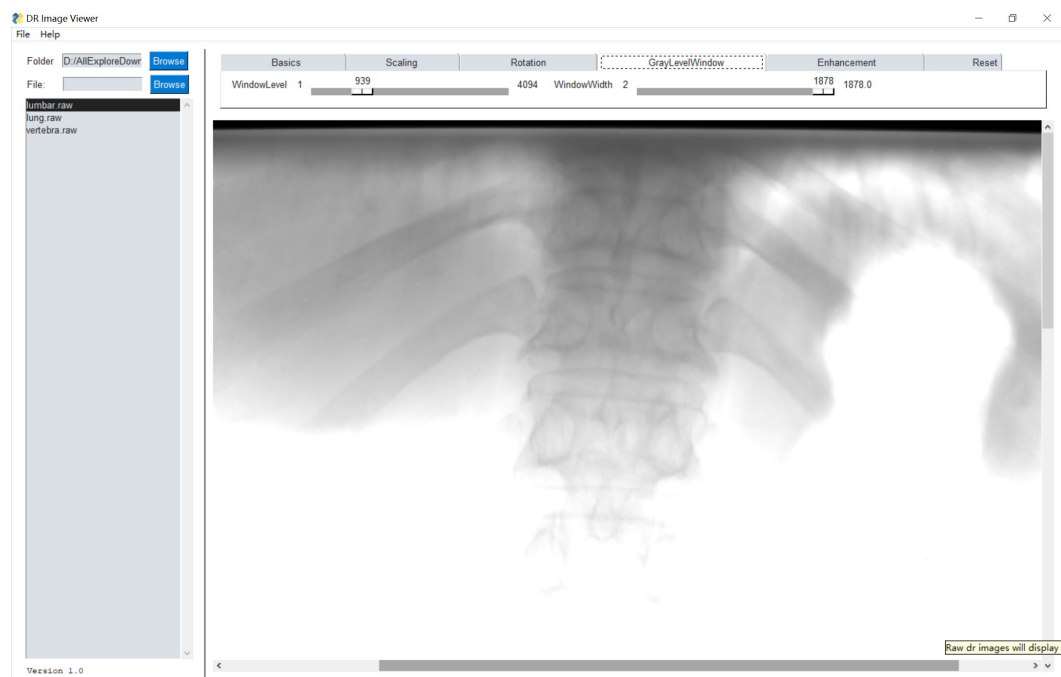


图 6-13 lumbar.raw 图像顺时针旋转 60 度

6.5 图像灰度窗映射



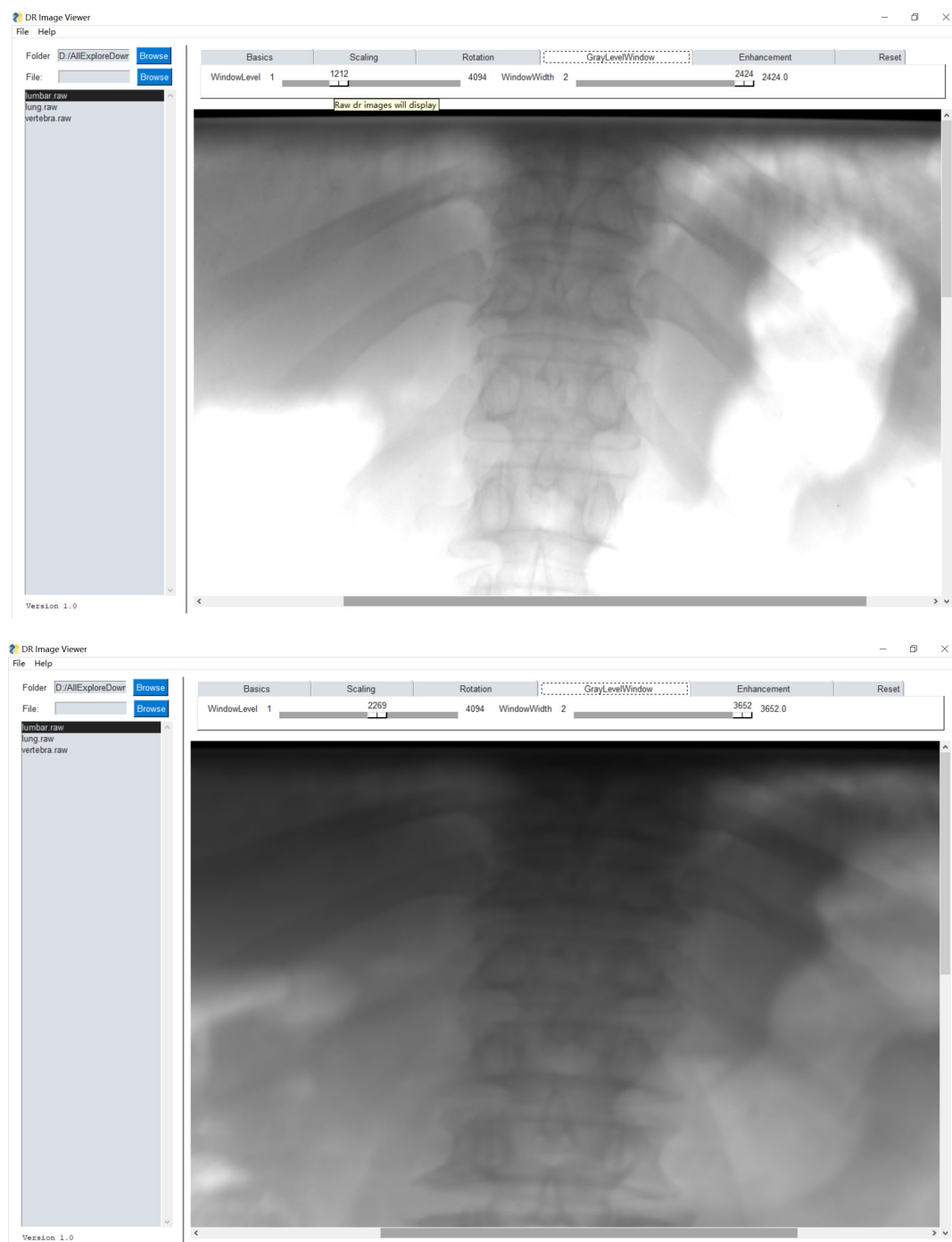


图 6-14 窗位沿着 939->1212->2269 变化时 lumbar.raw 图像的变化



图 6-15 窗位固定在 2269，窗宽从 3652->2664 变化时 lumbar.raw 图像的变化

分析：

窗宽和窗位对图片操作的影响会受到图片本身灰度分布的影响。

针对 lumbar.raw 这种图片，由前分析知其灰度集中在【1250，2750】区域。当窗位沿着 939->1212->2269 变化，而其窗宽取得对应最大值时，可以发现图像变得越来越暗，这是因为从 939->1212->2269，窗口中心不断右移，其对应的最

大窗宽值也越来越大，窗口内的像素会被更多的映射到【0，255】的低灰度段内（这时候窗口外的区域较窗口内的区域要小很多，可以忽略其影响）；

当窗外固定在 2269 不变，而窗宽从 3652->2664 变化时，可以发现图像同样变得越来越暗，这是因为 lumbar.raw 图像的像素大多数在 2269 这个窗位的左侧，缩小窗口会让窗口左侧的大量像素点被映射到 0，这时候窗口外的像素点对图像起到了主要影响。

6.6 图像增强



图 6-16 经同态滤波增强后的 lumbar.raw 图像



图 6-17 经同态滤波增强后的 lung.raw 图像

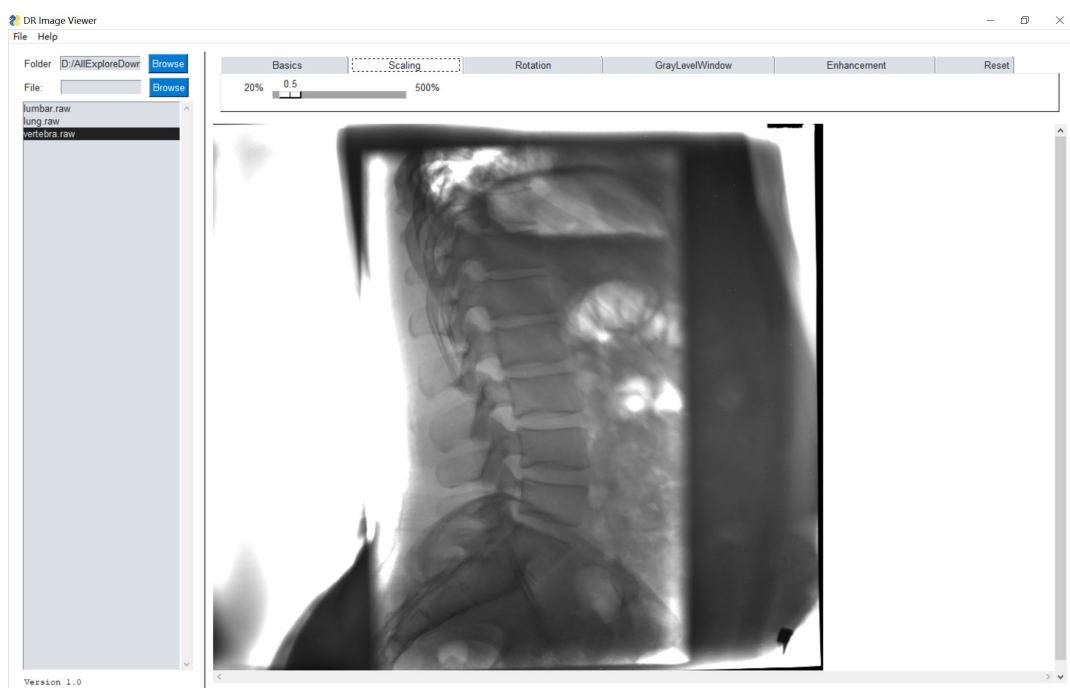


图 6-18 经同态滤波增强后的 vertebra 图像

分析：可以看出经同态滤波处理之后：三张图片的对比度都有明显的提升，从肉眼观察来说出现更多比较亮的区域；同时三张图片的清晰度明显提升，具体表现在腰部脊柱的轮廓、胸腔处的肋骨连接、脊椎侧面的骨头轮廓线。

6.7 图像重置

图像恢复到刚读入时的界面，同图 6-1、图 6-2、图 6-3。

7 参考资料

[1]<https://blog.csdn.net/wujuxKkoolerter/article/details/95088851>

[2]<https://blog.csdn.net/HUSTLX/article/details/50817827>

[3]<https://pysimplegui.readthedocs.io/en/latest/cookbook/>