

老马迷图

分享

http://blog.sciencenet.cn/u/zmpenguestc

网络空间做伏枥老马，志在千里育识途小驹！

博客首页

动态

微博

博文

相册

主题

分享

好友

留言板

博文

频域Laplacian图像锐化原理及实现

已有 24395 次阅读 2017-4-22 13:05 | 个人分类: 闻图思学 | 系统分类: 教学心得 | 关键词: 频域滤波, 图像锐化 | 频域滤波, 图像锐化

一幅图像 f 的空域拉普拉斯（Laplacian）算子如下式(1)，即：

$$\nabla^2 f(x,y)=\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

利用傅里叶变换的微分性质，可以推导出对应的频域Laplacian滤波器如下式(2)，即

$$H(u,v)=-4\pi^2(u^2+v^2)$$

其中， $u=0,1,2,\dots,M-1$ ； $v=0,1,2,\dots,N-1$,为频率变量。 M, N 为输入图像 f 的尺寸。

对应的中心化滤波器如下式(3)：

$$H(u,v)=-4\pi^2[(u-P/2)^2+(v-Q/2)^2]=-4\pi^2D(u,v)$$

其中， P, Q 为滤波器 H 的尺寸。一般取， $P=2M, Q=2N$ 。

要实现图像 f 的锐化，需对 f 做傅里叶变换，然后利用 H 进行频域Laplacian滤波，按以下式(4)反变换求得其空域Laplacian图，即

$$\nabla^2 f(x,y)=\mathfrak{F}^{-1}\{H(u,v)F(u,v)\}$$

其中， $F(u,v)$ 为输入图像 $f(x,y)$ 的傅里叶变换，符号 \mathfrak{F}^{-1} 代表傅里叶反变换。

按以下式(5)，将傅里叶反变换得到的Laplacian图叠加于原始图像 f ，即

$$g(x,y)=f(x,y)+c\nabla^2 f(x,y)$$

因 $\nabla^2 f(x,y)$ 存在负值，故取 $c=-1$ ，从而实现对原始图像 f 的锐化。由于Laplacian滤波结果存在黑、白两类轮廓细节，这样做主要是强化弱边缘，弱化了强边缘，使得锐化图像看起来比较自然，更适合于人眼观察。

Laplacian锐化的本质，即在原图像上叠加Laplacian滤波的高频（细节）成分，使得图像边缘轮廓更清晰。

尽管以上原理看似很简单，所有教材上也都是这么表述的。但真正自己编写程序代码实现时，还是问题不少。主要表现在以下三个环节：

1）傅里叶反变换得到 $\nabla^2 f(x,y)$ 的值的数量级要比 f 大几个数量级，因此，存在比例缩放（Scaling）问题。



彭真明

加为好友

给我留言

打个招呼

发送消息

扫一扫，分享此博文



作者的精选博文 全部

- 结缘科学网
- 研究生导学与培养的再思考
- 一个科研小白的成长之路
- 小团队如何发展，可有良策？
- 你跳了吗？
- 岂为功名始读书

作者的其他最新博文 全部

- 2019，一句话总结
- 金楚丰：一个“抱定宗旨，四
- 科研并不如初见
- 结缘科学网
- 抓住“幸运”
- 未来课堂，做好未来教师

精选博文导读 全部

- 高彩霞研究组建立植物基因...
- 提高文章鉴赏能力，从读懂...
- 发表一张Nature正刊封面有...
- 宇宙膨胀背后的故事（三十...
- “早发表，晚评价”：如何晚...
- 人机融合智能的难点

2) 叠加高频细节后的图 g ，改变了原始 f 的值域范围，并同样存在负值。如果对 g 简单使用归一化处理，将最小值映射为0，最大值映射为1，可能会改变整幅图像 g 的对比度，显示时看起来整个图将变暗（与输入图像 f 对比）。这并不是我们期望看到的结果。

3) 频域滤波中会出现边界效应，导致图像的边界也会被锐化。

解决以上三个问题的对应办法是：

1) 傅里叶变换前，对 f 先做归一化处理，使 f 的值的范围在 $[0,1]$ ；把式(4)求得的Laplacian结果除它（或绝对值）的最大值 $\max(\nabla^2 f(x,y))$ ，使得其值控制在 $[-1,1]$ 范围。这样，二者才具有数值上的可比性。

2) 因 f 和 $\nabla^2 f(x,y)$ 的叠加结果还可能超过 $[0,1]$ 范围，强制类型转换或归一化到 $[0,1]$ ，会使锐化结果整体变亮或变暗。有效的措施，就是利用原始图像 f 的实际灰度值范围 $[\min(f) \max(f)]$ 对锐化结果 g 进行标定（Scaling），再次调整其灰度范围，使它保持与 f 基本一致。

3) 关于边界的处理问题，请参考前述博文（见：[如何保持空域与频域滤波结果的一致性](#)）。只不过直接从频域定义 H ，无法对应空域 h 的尺寸，一般对 f 进行边界的扩充时，适当增加重复边界数，可以得到比较理想的处理结果。因为重复（'replicate'）边界像素，不会产生额外边缘。

以上为正确实现频域锐化的关键问题及相应的解决措施。对于空域Laplacian锐化，尽管用于叠加的高频成分与原始图像灰度的量级相差要小一些，但要得到好的锐化效果，同样也存在以上问题。

以下是对输入的模糊moon图像分别进行Laplacian空域（图1）和频域（图2）锐化的结果。可以看出，空间域和频率域的锐化结果基本一致。若频域滤波器 H 由空域模板 h 计算产生，则锐化结果的一致性会更好。

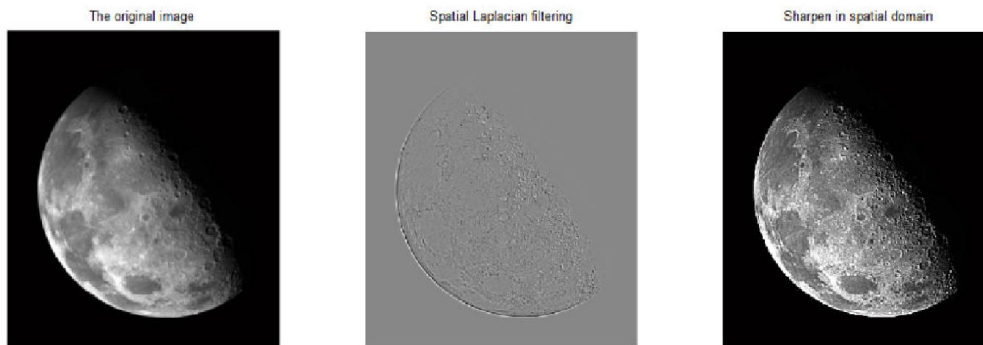


图1 空域Laplacian滤波及锐化结果

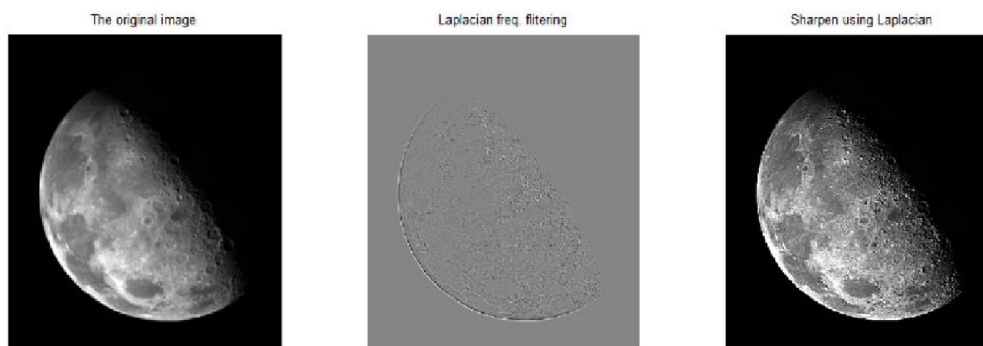


图2 频域Laplacian滤波及锐化结果

根据以上原理实现图像锐化的MATLAB代码，请下载：[myimlapsharp.rar](#)

THE END



扫一扫，可关注“老马迷图”微信公众号！

相关博文：[如何保持空域与频域滤波结果的一致性（续）](#)

转载本文请联系原作者获取授权，同时请注明本文来自彭真明科学网博客。

链接地址：<http://blog.sciencenet.cn/blog-425437-1050481.html>

上一篇：[如何保持空域与频域滤波结果的一致性（续）](#)

下一篇：[最朴实的话语，却最温暖人心](#)

[分享](#) [收藏](#)

当前推荐数：**8** 推荐人：[徐令予](#) [周健](#) [李曙](#) [张云](#) [肖慈珣](#) [haipengzhangdr](#) [yangjz2001](#) [zouzoukankan](#)

[推荐到博客首页](#)

评论 (**0** 个评论)

[该博文允许注册用户评论 请点击登录](#)

1/0 | 总计:0 | [首页](#) | [上一页](#) | [跳转](#)

[返回顶部](#)