

博文

如何保持空域与频域滤波结果的一致性（续）

精选

已有 26694 次阅读

2017-4-6 22:15

| 个人分类:闻图思学

| 系统分类:教学心得

| 关键词:空域,频域,图像滤波

| 图像滤波, 空域, 频域

先 前一篇博文（如何保持空域与频域滤波结果的一致性）中谈到，从空域小模板转化到频域滤波时，为了保持空频滤波的一致性，需要合理处理空域滤波器的延拓和布局问题。一般做法是，将小模板的中心通过循环移位后置于补零延拓矩阵的左上角。然后做傅里叶变换，得到对应的频域滤波器，再与延拓后的图像在频率域与滤波器做乘法运算。具体的原理和方法可参看前述博文。

设有一幅 $M\times N$ 的图像 $f(x,y)$ ， $m\times n$ 的空域滤波器为 $h(x,y)$ ，则频域滤波的处理步骤如下：

- (1) 消除折叠现象的填充（Zero padding）。即分别对 $f(x,y)$ ， $h(x,y)$ 的右下部补零至 $P\times Q$ 得到 $f_p(x,y)$ 和 $h_p(x,y)$ ，其中 $h(x,y)$ 需要做循环移位，以使小模板 $h(x,y)$ 的中心像素置于 $h_p(x,y)$ 的左上角。一般取： $P=2M$ ， $Q=2N$ 。
- (2) $f_p(x,y)$ ， $h_p(x,y)$ 分别做傅里叶变换产生 $F_p(u,v)$ ， $H_p(u,v)$ 。
- (3) 中心变换（频谱中心化）。此步也可以不变换，则 $H_p(u,v)$ 要改变（针对直接在频域生成对称滤波器情况）。
- (4) 频域滤波： $H_p(u,v)$ 点乘 $F_p(u,v)$ 。
- (5) 傅里叶反变换。
- (6) 取实数部分。绝对值很小的虚数部分是浮点运算存在误差造成的。
- (7) 空域中心还原变换（反中心化）。若 $F_p(u,v)$ 未做中心化，此步可省。
- (8) 截取有效数据，即左上角的原始图像尺寸 $M\times N$ 部分数据。

以上步骤的滤波，仅限于空域滤波的边界处理为零填充方式。如果空域滤波的边界处理为其他方式，如对称边界（'symmetric'）重复边界（'replicate'）和周期边界（'circular'）等，则依然会存在空频域滤波结果在边界上的差异性。如图1所示，是一个方差为4的 25×25 高斯低通滤波器对cameraman图像分别在空域和频域滤波结果的对比。可以看出，频域滤波与空域滤波在边界上是不一致的。



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

- 访谈“有礼”| 国际期刊编辑期...
- 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...

图1 仅在空域考虑了边界因素的滤波结果

那么，如何有效解决这个问题呢？其实也很简单，只要在步骤(1)和(8)上稍稍改进，就可以保持空/频域滤波结果边界上的一致性。

第(1)步，根据 $h(x,y)$ 的尺寸对 $f(x,y)$ 先做重复边界的扩充，在此基础上做消除折叠的补零延拓，即得到扩大至 $(2M+行重复边界数) \times (2N+列重复边界数)$ 的 $f_p(x,y)$ ，如图2所示。对 $h(x,y)$ 右下部补零至与 $f_p(x,y)$ 的相同尺寸，并循环移位后得到 $h_p(x,y)$ 。

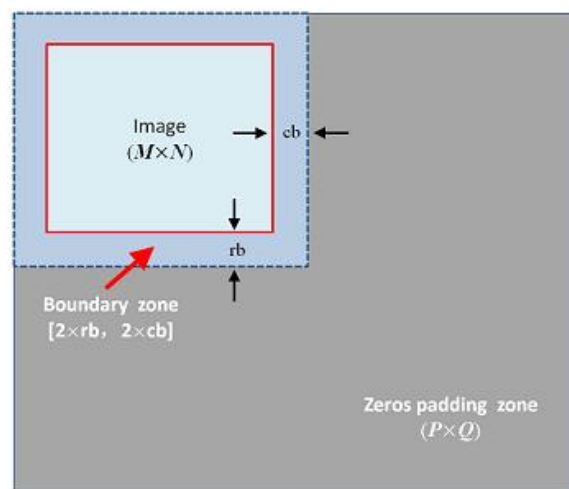


图2 滤波前图像边界扩充及补零延拓

第(8)步，截取有效数据时，应除去左上角单边边界数后的原始图像尺寸 $(M \times N)$ 部分数据(即图2中的红框区域)。其他步骤不变，即可得到与空域滤波完全一致的结果，如图3所示。



图3 空频域等效边界模式的滤波结果

MATLAB参考代码如下：

```
%=====

inimg = imread('cameraman.tif');

subplot(131)

imshow(inimg), title('Original image')

[M,N] = size(inimg);      % Original image size

%=====

h = fspecial('gaussian',25,4); % Gaussian filter

%=====

% 空域滤波

gx = imfilter(inimg,h,'same','replicate'); % 空域图像滤波

subplot(132)

imshow(gx,[]);title('Spatial domain filtering')

%=====

% 频域滤波

%=====
```

```
h_hf = floor(size(h)/2);           % 空域滤波器半高/宽

imgp = padarray(inimg, [h_hf(1),h_hf(2)],'replicate'); % Padding boundary with copying pixels

% PQ = paddedsize(size(imgp)); % Gonzalez DIP教材提供的函数，非MATLAB内部函数

PQ = 2*size(imgp);

Fp = fft2(double(imgp), PQ(1), PQ(2)); % 延拓图像FFT

% h = rot90(h,2); % Mask旋转180度，非对称h需此步骤！因频域乘积对应空域卷积，而空域滤波为相关。

P = PQ(1); Q = PQ(2);

center_h = h_hf+1;                % 空域小模板h中心位置

hp = zeros(P,Q);                  % 预分配内存，产生P×Q零矩阵

hp(1:size(h,1),1:size(h,2)) = h; % h置于hp左上角

hp = circshift(hp,[-(center_h(1)-1),-(center_h(2)-1)]); % 循环移位，h中心置于hp左上角

%=====

Hp = fft2(double(hp));            % hp滤波器做FFT

%=====

Gp = Hp.*Fp;                      % 频域滤波

gp = real(iff2(Gp));              % 反变换，取实部

gf = gp(h_hf(1)+1:M+h_hf(1), h_hf(2)+1:N+h_hf(2)); % 截取有效数据

subplot(133)

imshow(uint8(gf),[]), title('Frequency domain filtering')

% 注：以上处理中，频域图像Fp与滤波器Hp均未中心化，因此，返回空域时无需反中心化。

% 另外，直接调用Hp = freqz2(h,P,Q)获得的2D频域响应，则是中心化的。
```

代码下载：[mySFFilt2Demo.m](#)



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](#)

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-425437-1046849.html>

上一篇：[傅里叶变换的波形分辨率与频率分辨率](#)

下一篇：[频域Laplacian图像锐化原理及实现](#)

分享 收藏

当前推荐数：**7** 推荐人：[徐令予](#) [陈南晖](#) [李曙](#) [张云](#) [haipengzhangdr](#) [zouzoukankan](#) [crossludo](#)

[推荐到博客首页](#)



[3]冯永春2017-4-7 18:35

最爱看这种技术性的科普文章，多谢彭老师！

回复

赞



彭真明 回复 冯永春： 欢迎交流，并提宝贵意见。

2017-4-8 13:49 1 楼（回复楼主）

回复

赞



[2]陈南晖2017-4-7 14:18

很受教！

回复

赞



彭真明 回复 陈南晖： 谢谢~

2017-4-8 13:49 1 楼（回复楼主）

回复

赞



[1]pseudoscientist2017-4-7 11:57

彭老师，您做图像处理用的是MATLAB？图像处理具体有哪些应用背景？

回复

赞



彭真明 回复 pseudoscientist： 便于直观简捷，博文用了MATLAB代码。至于图像处理的用途就广了，几乎渗透军事、国民经济及日常生活的方方面面。

2017-4-8 13:48 1 楼（回复楼主）

回复

赞

1/1 | 总计:3 | 首页 | 上一页 | 下一页 | 末页 | ☐ 跳转

返回顶部