



数字图像处理

第一次作业

摘要

数字图像处理技术是利用计算机对图像信息进行处理技术，常用于修改图像、改善图像质量、提取图像特征或信息、图像变换、编码和压缩等。本文首先简要介绍了位图文件基本格式，然后利用 Matlab 软件及图像处理基础理论实现了改变灰度级数、计算均值方差、图像插值、图像仿射变换的基本操作，并对结果进行简要分析，以进一步了解各种插值、变换方法的特点。

刘 昊 自动化 61 2160504016

2019.3.3

1 Bmp 图像格式简介

1.1 概述

BMP(Bitmap-File)图形文件是 Windows 采用的图形文件格式，在 Windows 环境下运行的所有图象处理软件都支持 BMP 图像文件格式。Windows 系统内部各图像绘制操作都是以 BMP 为基础的。可以分成设备有向量相关位图（DDB）和设备无向量相关位图（DIB）两类，应用非常广泛。

1.2 格式结构^[1]

BMP 文件的数据按照从文件头开始的先后顺序分为四个部分：

- ①位图文件头：主要包含文件大小、类型、图像数据偏离文件头长度等信息。；
- ②位图信息头：提供图像数据的尺寸、位平面数、压缩方式、颜色索引等信息；
- ③调色板：可选，如使用索引来表示图像，调色板就是索引与其对应的颜色的映射表；
- ④位图数据：记录位图的每一个像素值或该对应像素的颜色表的索引值，记录顺序是在扫描行内从左到右，扫描行之间是从上到下，这种格式又称 Bottom_Up 位图。

1.3 举例

以 7.bmp 为例简要介绍位图文件具体格式，用 WinHex 打开文件：

7.bmp	Offset	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	ANSI	ASCII
00000000	42	4D	6E	04	00	00	00	00	00	00	00	36	04	00	00	28	00	BM	n
00000010	00	00	07	00	00	00	07	00	00	00	01	00	08	00	00	00	00	6	(
00000020	00	00	38	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	8	
00000030	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	01	01	00	02	02			
00000040	02	00	03	03	03	00	04	04	04	00	05	05	05	00	06	06			
00000050	06	00	07	07	07	00	08	08	08	00	09	09	09	00	0A	0A			
00000060	0A	00	0B	0B	0B	00	0C	0C	0C	00	0D	0D	0D	00	0E	0E			
00000070	0E	00	0F	0F	0F	00	10	10	10	00	11	11	11	00	12	12			
00000080	12	00	13	13	13	00	14	14	14	00	15	15	15	00	16	16			
00000090	16	00	17	17	17	00	18	18	18	00	19	19	19	00	1A	1A			
000000A0	1A	00	1B	1B	1B	00	1C	1C	1C	00	1D	1D	1D	00	1E	1E			
000000B0	1E	00	1F	1F	1F	00	20	20	20	00	21	21	21	00	22	22		!!!	""
000000C0	22	00	23	23	23	00	24	24	24	00	25	25	25	00	26	26		"###	\$\$\$ %%% &&
000000D0	26	00	27	27	27	00	28	28	28	00	29	29	29	00	2A	2A		&' ' '((()))	**
000000E0	2A	00	2B	2B	2B	00	2C	2C	2C	00	2D	2D	2D	00	2E	2E		*+++ ,,, --- ..	
000000F0	2E	00	2F	2F	2F	00	30	30	30	00	31	31	31	00	32	32		. /// 000 111 22	
00000100	32	00	33	33	33	00	34	34	34	00	35	35	35	00	36	36		2 333 444 555 66	
00000110	36	00	37	37	37	00	38	38	38	00	39	39	39	00	3A	3A		6 777 888 999 ::	
00000120	3A	00	3B	3B	3B	00	3C	3C	3C	00	3D	3D	3D	00	3E	3E		: ;;; <<< === >>	
00000130	3E	00	3F	3F	3F	00	40	40	40	00	41	41	41	00	42	42		> ??? @@@ AAA BB	
00000140	42	00	43	43	43	00	44	44	44	00	45	45	45	00	46	46		B CCC DDD EEE FF	
00000150	46	00	47	47	47	00	48	48	48	00	49	49	49	00	4A	4A		F GGG HHH III JJ	
00000160	4A	00	4B	4B	4B	00	4C	4C	4C	00	4D	4D	4D	00	4E	4E		J KKK LLL MMM NN	
00000170	4E	00	4F	4F	4F	00	50	50	50	00	51	51	51	00	52	52		N OOO PPP QQQ RR	
00000180	52	00	53	53	53	00	54	54	54	00	55	55	55	00	56	56		R SSS TTT UUU VV	
00000190	56	00	57	57	57	00	58	58	58	00	59	59	59	00	5A	5A		V WWW XXX YYY ZZ	
000001A0	5A	00	5B	5B	5B	00	5C	5C	5C	00	5D	5D	5D	00	5E	5E		Z [[[\\\]]] ^^	
000001B0	5E	00	5F	5F	5F	00	60	60	60	00	61	61	61	00	62	62		^ _ _ _ ` ` ` aaa bb	
000001C0	62	00	63	63	63	00	64	64	64	00	65	65	65	00	66	66		b ccc ddd eee ff	
000001D0	66	00	67	67	67	00	68	68	68	00	69	69	69	00	6A	6A		f ggg hhh iii jj	
000001E0	6A	00	6B	6B	6B	00	6C	6C	6C	00	6D	6D	6D	00	6E	6E		j kkk lll mmm nn	
000001F0	6E	00	6F	6F	6F	00	70	70	70	00	71	71	71	00	72	72		n ooo ppp qq q rr	
00000200	72	00	73	73	73	00	74	74	74	00	75	75	75	00	76	76		r sss ttt uuu vv	

图 1 7.bmp 源码

①位图文件头（14 字节）

00H-01H 表示文件类型，0x4D42 字符显示为“BM”，即表示 Bmp 格式文件。

02H-05H 表示文件大小，单位为字节，0x0000046E 十进制为 1134，即该文件大小为 1134bytes。

06H-09H 为保留位，固定为 0；0AH-0DH 为位图数据偏移量。

②位图信息头（40 字节）

0EH-11H 表示位图信息头长度，即为 40 字节。

12H-15H, 16H-19H 分别表示位图的宽度和长度，单位为像素，显然本图片长宽均为 7 像素。

1AH-1DH 表示位图的位面数，恒为 1。

1CH-1DH 表示每个像素的位数，本图片为 8 位。

1EH-21H 为压缩说明，本图为 0 表示不压缩。

22H-25H 表示位图数据大小，无压缩时可为 0。

其余部分略去。

③调色板

从 36H 开始，大小为 4N 字节，其中 N 为颜色数目。本图每个像素为 8 位，则 $N=2^8=256$ ，则调色板大小为 $256 \times 4=1024$ 字节。

④位图数据

该区域大小取决于压缩方法、图像尺寸和图像位深度，包含所有的位图数据字节。本图为 8 位色图，则每个像素用一个字节表示。

2 把 lena（512*512）图像灰度级逐级递减 8-1 显示

2.1 实验原理

将提供的 8 位灰阶图像矩阵所有值不断除以 2 并向下取整，使得出现灰度值的数量不断减半，将得到的各图像矩阵利用 imshow() 函数的自适应灰度显示功能以 8 位灰阶为基准显示出来。

2.2 实验结果



图 2 lena 图像灰度级递减显示

可见，当灰度级在 32 以上时，各图片视觉效果相近，当灰度级下降至 16 以下时，可以逐渐感觉到图像细节缺失，过渡部分越来越不连续，出现大片伪轮廓，最后退化为二值图像。

3 计算 lena 图像的均值方差

3.1 实验原理

对于 $M \times N$ 的灰度图像，均值和方差分别为

$$m = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(i, j)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f(i, j) - m)^2$$

3.2 实验结果

利用 Matlab 编写函数计算得到 lena.bmp 的均值为 99.0512，方差为 2.7960×10^3 。



图 3 均值方差计算结果

4 把 lena 图像用近邻、双线性和双三次插值法 zoom 到 2048*2048

4.1 实验原理

4.1.1 最近邻插值

最近邻插值是最简单的一种插值方法，在代求像素的相邻像素中，选取距离最近像素灰度赋给代求像素。该方法计算量很小，但可能会造成插值后图像灰度不连续，灰度变化处可能出现明显锯齿。

4.1.2 双线性插值

双线性插值是基于一般的线性内插推广而来，即利用待求像素四个相邻像素灰度在两个方向上作线性内插得到。具体公式为

$$f(i+u, j+v) = (1-u)(1-v)f(i, j) + u(1-v)f(i+1, j) \\ + (1-u)v f(i, j+1) + uv f(i+1, j+1)$$

该方法利用了周围四个像素的相关性，计算比最近邻法更复杂，但不会出现灰度不连续点。另外双线性法具有低通滤波性质，会导致图像轮廓稍显模糊。

4.1.3 双三次内插^[2]

双三次内插利用 16 个近邻像素点灰度值加权得到代求像素点灰度，计算量较大，但同

时在保持细节方面通常比双线性内插更好。另外双三次内插同样具有低通滤波器性质。

具体计算公式为

$$f(i+u, j+v) = ABC^T$$

其中

$$A = [w(1+u), w(u), w(1-u), w(2-u)]$$

$$C = [w(1+v), w(v), w(1-v), w(2-v)]$$

$$B = f(i-1:i+2, j-1:j+2)$$

插值核为

$$w(x) = \begin{cases} 1 - 2|x|^2 + |x|^3, & |x| < 1 \\ 4 - 8|x| + 5|x|^2 - |x|^3, & 1 \leq |x| < 2 \\ 0, & |x| \geq 2 \end{cases}$$

4.2 实验结果

利用 Matlab 编写函数计算得到原图像利用三种方法插值到 2048×2048 的结果为



图 4 插值结果

观察细节



图 5 插值图像细节

可见最近邻插值有明显锯齿，而后两种插值得到图片边缘过渡更平滑，插值效果较好。另外双三次插值在实际处理过程时间开销较大，程序需要进一步优化。

5 把 lena 和 elain 图像分别进行水平 shear（参数为 1.5）和旋转 30 度，并采用最近邻、双线性插值和双三次插值法 zoom 到 2048*2048；

5.1 实验原理

5.1.1 仿射变换

仿射变换是最常用的空间坐标变换之一，一般形式为

$$[x, y, 1] = [v, w, 1]T_{3 \times 3} = [v, w, 1] \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & 0 \\ t_{21} & t_{22} & 0 \\ t_{31} & t_{32} & 1 \end{bmatrix}$$

可更具变换矩阵 T 元素的值，对一组坐标点做尺度、旋转、平移或偏移。本实验所使用的变换包括：

①水平偏移变换

$$T = \begin{bmatrix} 1 & s_h & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

②旋转变换

$$T = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

③平移变换

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{bmatrix}$$

平移变换在本实验中用于将旋转得到的图形平移至合适的位置，避免部分像素点的索引超出界限。

5.1.2 前向映射与反向映射

由源图像到目标图像的映射成为前向映射。实际由于源图像的若干像素点可能映射到同一个象，使得目标图像某些像素点没有原象。为了避免这种情况本实验均采用反向映射方法处理图像，即由目标图像向源图像映射，以避免目标图像像素缺失的情况。

5.2 实验结果

利用 Matlab 编写函数计算得到原图像分别进行偏移和旋转然后利插值到 2048×2048 的结果为（由于内存不足无法完整复制图片，故以截图形式给出）

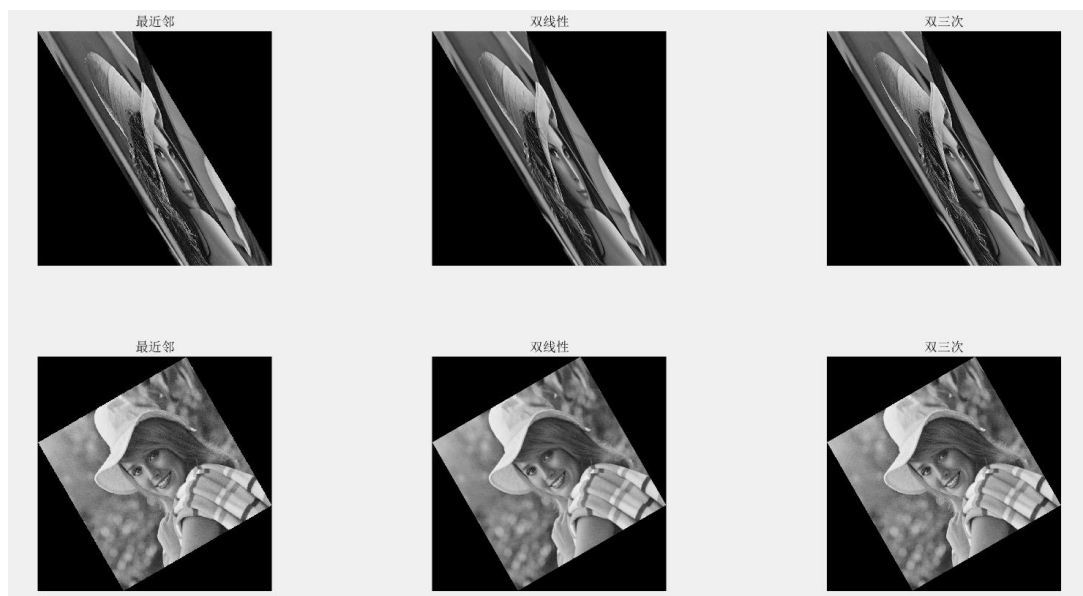


图 6 图片变换后插值结果

放大图片边缘处：

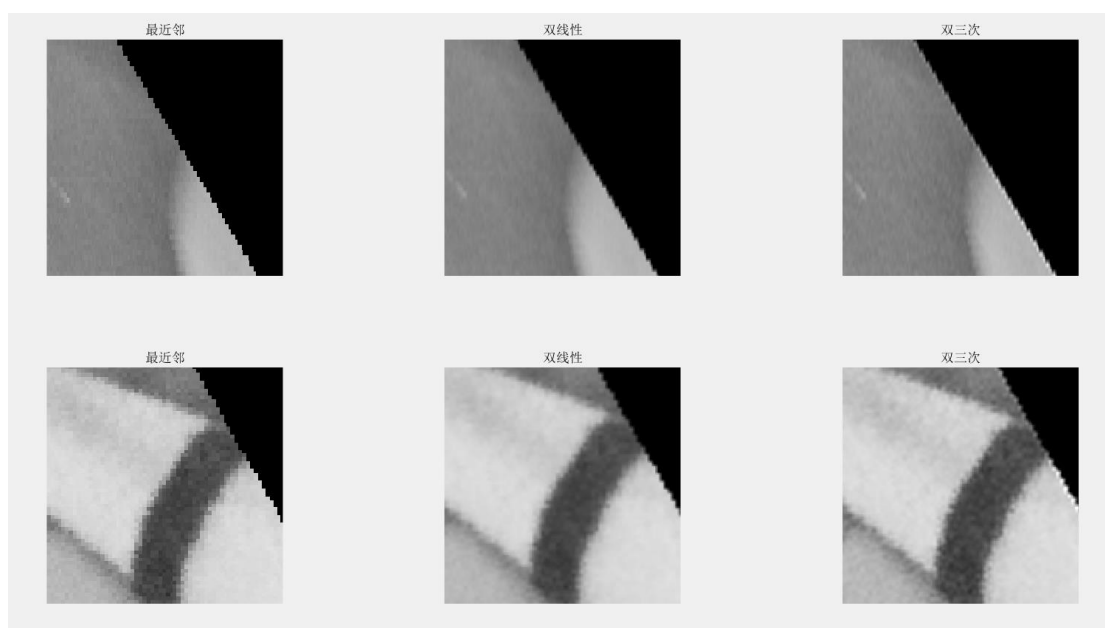


图 7 图片边缘细节

可见最近邻插值有明显的锯齿，后两者边缘更为平滑，但由于低通滤波效应，图案也较为模糊。

附录

参考文献

- [1] 图 像 文 件 格 式 BMP 文 件 格 式 详 解 [EB/OL] ,
<https://wenku.baidu.com/view/6591b512cc22bcd127ff0c1d.html?from=search>, 2019. 3. 2.
- [2] 图 像 插 值 - 双 线 性 插 值 与 双 三 次 插 值 [EB/OL].
https://blog.csdn.net/weixin_42463482/article/details/82830628, 2019. 3. 2