

# 高斯模糊算法优化及实现

丁怡心 , 廖勇毅

(广州民航职业技术学院, 广州 510403)

**摘要:** 高斯模糊是图像处理中重要的算法, 利用高斯函数的线性可分特性, 使用二维矩阵变换得到的效果, 可以通过在水平方向进行一维高斯矩阵变换加上竖直方向的一维高斯矩阵变换得到。基于这个特性, 在算法实现时可将效率提高约一个数量级。

**关键词:** 高斯模糊; 线性可分; 图像处理

## 0 引言

高斯模糊是图像处理中广泛使用的技术, 通常用它来减小图像噪声以及降低细节层次。这种模糊技术生成的图像的视觉效果是好像经过一个半透明的屏幕观察图像。高斯模糊也用于计算机视觉算法中的预处理阶段以增强图像在不同尺寸下的图像效果。

## 1 机理

从数学的角度来看, 图像的高斯模糊过程就是图像与正态分布做卷积。由于正态分布又叫作高斯分布, 所以这项技术就叫作高斯模糊。由于高斯函数的傅立叶变换是另外一个高斯函数, 所以高斯模糊对于图像来说就是低通滤波器的效果。

高斯模糊是一种图像模糊滤波器, 它用正态分布计算图像中每个像素的变换。N 维空间正态分布方程为:

$$G(r, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-r^2/(2\sigma^2)} \quad (1)$$

在二维空间定义为:

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/(2\sigma^2)} \quad (2)$$

高斯模糊定义为图像与高斯分布做卷积:

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) \times I(x, y) \quad (3)$$

其中  $r$  是模糊半径,  $r^2 = x^2 + y^2$ ,  $\sigma$  是正态分布的标准

偏差。在二维空间中, 这个公式生成的曲面的等高线是从中心开始呈正态分布的同心圆, 它的分布曲线如图 1 所示。分布不为零的像素组成的卷积矩阵与原始图像做变换。每个像素的值都是周围相邻像素值的加权平均。原始像素的值有最大的高斯分布值, 所以有最大的权重, 相邻像素随着距离原始像素越来越远, 其权重也越来越小。

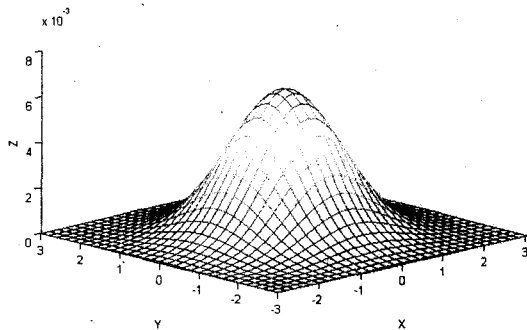


图 1 高斯曲线

理论上, 图像中每点的分布都不为零, 即每个像素的计算都需要包含整幅图像。但在实际应用中, 计算高斯函数的离散近似值时, 大概  $3\sigma$  距离之外的像素都可以看作不起作用, 这些像素的计算也就可以忽略。通常, 图像处理程序只需要计算  $(6\sigma+1) \times (6\sigma+1)$  的矩阵就可以保证相关像素影响。

收稿日期: 2010-06-04 修稿日期: 2010-07-05

作者简介: 丁怡心 (1982-), 女, 湖北人, 助教, 硕士研究生, 研究方向为数据与信息处理方向

## 2 算法改进

高斯模糊可以在二维图像上对两个独立的一维空间分别进行计算,这叫作线性可分。因此,使用二维矩阵变换得到的效果也可以通过在水平方向进行一维高斯矩阵变换加上竖直方向的一维高斯矩阵变换得到,如图2所示(a)中对图像做水平一维变换加竖直一维变换的结果与(b)中对图像直接做二维变换的结果是一样的。从计算的角度来看,这是一项有用的特性,因为这样只需要  $O(2r \times M \times N) + O(2r \times M \times N)$  次计算,而不可分的矩阵则需要  $O(2r \times 2r \times M \times N)$  次计算,其中  $M$ 、 $N$  是需要进行模糊的图像的维数,  $r$  是模糊半径。如果取  $r=3$ ,则算法效率在理论上可以提高6倍。

$$\text{原始图像: } I(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 5 & 6 & 7 \\ 9 & 10 & 11 \end{bmatrix}$$

$$\text{先水平方向一维变换: } L(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 5 & 6 & 7 \\ 9 & 10 & 11 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 4 & 8 & 4 \\ 16 & 16 & 16 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 & 32 & 32 \\ 64 & 96 & 80 \\ 112 & 160 & 128 \\ 16 & 16 & 16 \end{bmatrix}$$

$$\text{再竖直方向一维变换: } L(x, y) = \begin{bmatrix} 16 & 32 & 32 \\ 64 & 96 & 80 \\ 112 & 160 & 128 \\ 16 & 16 & 16 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 4 \\ 8 \\ 4 \\ 16 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24 & 40 & 36 \\ 16 & 16 & 16 \\ 64 & 96 & 80 \\ 72 & 104 & 84 \\ 16 & 16 & 16 \end{bmatrix}$$

(a)一维高斯变换

$$\text{对原始图像做二维变换: } L(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 5 & 6 & 7 \\ 9 & 10 & 11 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 24 & 40 & 36 \\ 16 & 16 & 16 \\ 64 & 96 & 80 \\ 72 & 104 & 84 \\ 16 & 16 & 16 \end{bmatrix}$$

(b)二维高斯变换

图2

## 3 算法实现

算法实现分三步:(1)计算高斯模板;(2)水平方向进行一维高斯变换;(3)垂直方向进行一维高斯变换。详细实现如下:

```
#define R 3 /* 模板大小:(2R+1) */
void gauss_blur (double* indata, double* outdata, int
width, int height, double sigma)
{
```

```
int x, y;
double v;
double gaussMatrix[2*R+1]; /* 高斯模板 */
cal_gaussian_matrix(gaussMatrix, sigma); /* 计算高斯
模板 */
for (y = 0; y < height; y++){
for (x = 0; x < width; x++){
v = 0.0;
for (r = -R; r <= R; r++){
v += indata[x+r][y] * gaussMatrix[r+R]
}
temp[x][y] = v; /* 水平方向变换后的数据 */
}
}
for (x = 0; x < width; x++){
for (y = 0; y < height; y++){
v = 0.0;
for (r = -R; r <= R; r++){
v += temp[x][y+r] * gaussMatrix[r+R]
}
outdata[x][y] = v; /* 竖直方向变换后的数据 */
}
}
}
```

## 4 结 语

利用高斯函数的线性可分的特性,在实现高斯模糊算法时,对图像在水平方向进行一维高斯矩阵变换,再加上竖直方向的一维高斯矩阵变换,可以得到与二维矩阵变换相同的效果,在算法效率上则可以提高约一个数量级。

### 参考文献

- [1]沈邦乐. 计算机图像处理[M]. 北京:解放军出版社,1995.10
- [2]冈萨雷斯. 数字图像处理(MATLAB版)[M]. 北京:电子工业出版社 2005.09
- [3]维基百科. <http://zh.wikipedia.org>

(下转第100页)

- [2]朱德权. 走近无线 Mesh 网络[J]. 数据通信, 2007(2):14  
[3]Andrew S. Tanenbaum 著. 计算机网络. 潘爱民译. 北京:清华大学出版社, 2004.8  
[4]朱颖. Ad Hoc 网络中 QoS 关键技术的研究[学位论文]. 北京邮电大学, 2008.4

- [5]汪涛. 无线网络技术导论. 北京:清华大学出版社, 2008.2  
[6]柯志享, 程荣祥, 邓德隽. NS2 仿真实验——多媒体和无线网络通信. 北京:电子工业出版社, 2009.3

## Research and Comparison of Routing Protocols in Wireless Mesh Networks

GAO Wen-quan , XIANG Lai-sheng

(School of Management and Economic, Shandong Normal University, Jinan 250014)

**Abstract:** Routing protocol is a very important subject of network, especial to Wireless Mesh networks. The Routing protocol in Wireless Mesh networks is more difficult than in wired network. So, it is necessary to study and improve the routing protocols of Wireless Mesh networks. Mainly introduces the typical routing protocols of Wireless Mesh networks and compares their efficiency by the simulation experiments, predicts the future of routing protocol.

**Keywords:** Wireless Mesh Networks; Dynamic Source Routing Protocol; Link-Quality Source Routing Protocol

~~~~~  
(上接第 77 页)

## Optimization and Implementation of Gaussian Blur Algorithm

DING Yi-xin , LIAO Yong-yi

(Civil Aviation College GZ, Guangzhou 510403)

**Abstract:** Gaussian blur is an important image processing algorithm. Uses the linearly separable characteristics of Gaussian function, the effect of applying the two-dimensional matrix can also be achieved by applying a series of single-dimensional Gaussian matrices in the horizontal direction and in the vertical direction. Based on this characteristic, the algorithm efficiency can be enhanced about 10 times in speed.

**Keywords:** Gaussian Blur; Linearly Separable; Image Processing