

# 一种基于矢量阈值的自适应图像分割方法

汤可宗<sup>1,2</sup>, 张磊<sup>1</sup>, 高尚<sup>1,2</sup>

(1. 江苏科技大学 电子信息学院, 江苏 镇江 212003;

2 苏州大学 江苏省计算机信息处理技术重点实验室, 江苏 苏州 215006)

**摘要:** 针对灰度图像, 提出一种基于空间特征矢量的图像分割方法, 分割前首先对边缘进行增强处理, 并构建以像素的灰度、梯度、像素邻域均值为特征的三维特征空间. 将图像像素点引入对应于空间特征点. 通过计算像素特征矢量与特征矢量阈值的差矢量, 求出矢量差与特征矢量阈值的夹角, 比较夹角与动态分割参数的关系, 以判定像素所在区域 (目标或背景). 实验表明, 该方法能较快的实现图像分割, 分割的效果也较好.

**关键词:** 图像分割; 直方图; 灰度图像

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X (2007) 05 - 0023 - 04

## A Self-adaptive Method of Image Segmentation Based on Vector Threshold

TANG Ke-zong<sup>1,2</sup>, ZHANG Lei<sup>1</sup>, GAO Shang<sup>1,2</sup>

(1. School of Electrics and Information, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang, Jiangsu 212003, China;

2 Soochow University, Jiangsu Provincial Key Laboratory of Computer Information Processing Technology, Suzhou, Jiangsu 215006, China)

**Abstract:** As to the gray image, a new method of image segmentation based on space feature vector is presented. Its procedures are mainly divided into three steps. Firstly, Edge is strengthened before image segmentation, and a feature space with three dimensions based on gray, gradient, pixels neighborhood is constructed in advance. Every pixels in image is related to a feature point in the space. Edge is strengthened before segmentation. Secondly, computing the vector differences between feature vector and feature threshold vector, and the angle between difference vector and feature vector threshold can be obtained. Finally, comparing its angle with segmentation parameter one, the region (target or background) of pixels can be determined. According to experimental results, it is an effective and accurate method in image segmentation.

**Key words:** image segmentation; histogram; grey image

## 0 引言

图像分割是指将一幅图像分割成若干互不交叠的、有意义的、具有相同性质区域的技术与过程<sup>[1]</sup>, 其分割质量的好坏直接影响着后续图像处理的效果. 多年来, 国内外学者就此已提出了上千种图像分割算法, 但就图像分割所依据的不同特性, 大致可以分为 3 大类<sup>[2]</sup>: 阈值方法, 根据图像灰度值的分布特性确定某个阈值来进行图像分割. 边缘检测方法, 边缘是图像中的一种或多种特征突变的地方, 这类方法通过检测图像中的特征突变位置以形成某个区域的边缘来进行图像分割. 如 Canny 边缘检测算法, 该方法的不足在于仅利用了图像的局部信息, 不能确保边缘的连续性. 区域生长与合并方法, 如:  $K$ -均值算法、基于能量函数的全局最优化方法等, 这类方法利用了图像的空间局部性质, 将具有相似性质的像素集合起来以构成所需分割的区域. 3 类方法中以阈值方法计算量小、性能稳定、易于理解等优点而得到广泛的应用. 阈值分割算法多基于两个主要步骤: 根据图像的某一特征 (如: 灰度、梯度、像素的邻域均值、纹理

收稿日期: 2007 - 06 - 07. 基金项目: 江苏省计算机信息处理技术重点实验室开放课题基金资助项目 (KJS0601); 江苏省“青蓝工程”资助.

第一作者简介: 汤可宗 (1978 - ), 男, 硕士研究生, 讲师. 主要研究方向: 图像处理与模式识别. E-mail: tangkezong@126.com

等)确定分割的阈值。将图像中的像素与阈值进行比较进行分割。在阈值分割算法中,阈值的确定是其关键步骤,阈值最佳的选择标准有很多,如 Otsu法<sup>[3]</sup>、最小误差法<sup>[4]</sup>、模糊熵等<sup>[5]</sup>。文献[6]中提出了一种基于图像边缘增强的自适应最佳阈值图像分割方法,有利于将弱小目标从复杂背景中精确地分割和提取。该算法将阈值法和其它方法进行结合,有效地解决了目标边缘模糊图像阈值选取困难这一问题。文献[7]给出了一种矢量阈值的自适应分割算法。阈值的确定由修正后的类间方差法确定。通过比较矢量差与矢量阈值间的夹角关系来确定像素的所属类别。为此,本文首先对图像边缘进行增强处理,在构建以灰度、梯度、像素 $r$ 邻域均值为坐标的三维特征空间,提出一个以矢量夹角为分割参数的自适应分割算法,并同时给出了特征矢量阈值的确定方法。

## 1 特征空间中的矢量阈值分割算法

### 1.1 图像中边缘的增强处理

观察一个有边缘的物体时,人的视觉首先感觉到的便是边缘。然而,实际景物成像过程中,受噪声和光照不均等到多种因素的影响,使得有边缘的地方不一定能被检测出来,而检测出的边缘也未必代表实际边缘。在图像中,边缘的最重要的 2 个属性是方向和幅度,沿边缘方向的像素变化较为平缓,而垂直于边缘方向的像素变化剧烈。

基于以上分析,笔者采用  $3 \times 3$  方形模板扫描整幅图像<sup>[8]</sup>,比较中心像素点与邻域内像素点的差分,如果差分大于某个阈值  $\phi$ ,则将中心像素点的灰度值乘以某个给定的系数  $\alpha$ ,以增强像素点灰度值,否则保持像素点的灰度值不变。通过图像增强技术,达到较好的解决不同区域之间边界不明显的问题。能够有利于增强后续的图像分割效果。

### 1.2 特征空间的构建及分割算法描述

在一幅图像中,选用像素的灰度、梯度、像素  $O(x, y)$  的  $r$  邻域均值组合为特征矢量  $P_k(x, y)$ ,并以此构建相应的三维特征空间,如图 1 所示。

在三维特征空间中,图像中的每一像素对应着相应的特征空间点。由原点  $O(0, 0, 0)$  至特征点间引一直线,可得相应的特征矢量。由于特征矢量各分量不具有可比性,故采用欧氏距离计算不同特征点的距离大小,通过设定的特征矢量阈值对不同像素点进行归类与实际意义不符,得不到应有的分割效果。观察差矢量  $d_k = P_k(x, y) - T$  与特征阈值矢量  $T$  之间的夹角  $\theta$ ,其变化范围为  $0 \sim \pi$ 。在此,笔者以  $\theta$  作为图像分割的参数,同时设置  $\theta_0$  为动态分割点,其动态范围限定在  $0 \sim \pi/2$  当  $\theta < \theta_0$  时,特征点归属于背景区域,当  $\theta > \theta_0$  时,特征点归属于目标区域。

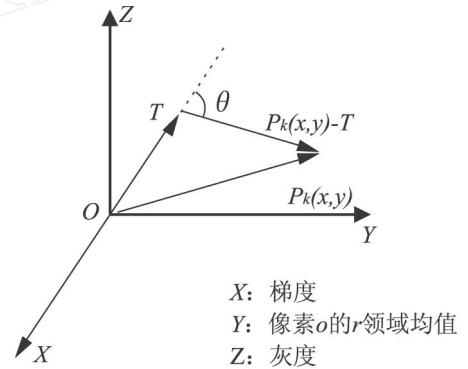


图1 像素特征矢量 $P_k(x,y)$ 与特征矢量阈值的关系  
Fig.1 Relationship between feature vector of pixels  $P_k(x,y)$  and feature vector threshold  $T$

基于以上分析,以下给出图像分割的算法:

- 1) 求出图像中每一像点  $O_k(x, y)$  所对应的特征矢量  $P_k(x, y)$ , 记  $P_k(x, y) = (x_k, y_k, z_k)$ ;
- 2) 根据某一阈值选择算法给定出相应的特征矢量阈值  $T = (x_T, y_T, z_T)$ ;
- 3) 在特征空间中求出特征矢量  $P_k$  与  $T$  之间的矢量差  $d_k(x, y)$ , 记  $d_k = (d_d, y_d, z_d)$ ,

其中:  $x_d = x_k - x_T, y_d = y_k - y_T, z_d = z_k - z_T$ ;

- 4) 求矢量差  $d_k$  与  $T$  之间的夹角  $\theta$ , 由空间解析几何可得如下关系

$$\theta = \arccos\left(\frac{x_d x_k + y_d y_k + z_d z_k}{\sqrt{x_d^2 + y_d^2 + z_d^2} \sqrt{x_k^2 + y_k^2 + z_k^2}}\right); \tag{1}$$

- 5) 给定动态参数  $\theta_0$  的具体值,依照阈值分割方法,按如下方式进行图像的分割:

$$f(x, y) = \begin{cases} 0, & \theta < \theta_0 \text{ (目标区域)} \\ 1, & \theta > \theta_0 \text{ (背景区域)} \end{cases} \tag{2}$$

动态参数  $\theta_0$  的确定在  $[\pi/4, \pi/2]$  的范围内。若  $\theta_0 > \pi/2$  时,则会将过多的背景区域的像素点划归到目

标区域,若  $\frac{u_1 - u_2}{T_i} < 1/4$ ,则又会将目标区域中的像素点过多的划归到背景区域中.如何得出较优的动态阈值,笔者在实验分析结果中,分别采用  $1/2, 1/3, 1/4$ 时进行对比,以确定出最优的动态阈值.

## 2 最佳特征矢量阈值的确定方法

### 2.1 灰度分量的选择

特征矢量中的灰度分量的选择以像素点归为 2 类(目标和背景)达到最优进行确定.可以采用迭达式阈值选择方法<sup>[2]</sup>.基本思想如下:

- 1)初始时在阈值范围  $[1, 254]$ 范围内随机选定一个初始值  $T_0$ ;
- 2)利用阈值  $T_0$ 把图像分割成 2 个区域  $R_1, R_2$ .按以下给定的规则计算  $R_1, R_2$ 的灰度均值  $u_1, u_2$ ,

$$u_1 = \frac{\sum_{i=0}^{T_i} in_i}{n_i}, u_2 = \frac{\sum_{i=T_i}^{L-1} in_i}{n_i}; \tag{3}$$

- 3)计算出  $u_1, u_2$ 后,按下式重新计算  $T_i$ ,

$$T_i = \frac{1}{2} (u_1 + u_2); \tag{4}$$

- 4)重复步履 2~3,直到  $T_{i+1}$ 和  $T_i$ 的差小预先设定的值.

### 2.2 梯度分量的选择

用梯度算子(即微分算子)作用于原图像,计算出像素的梯度值.一般图像中背景和内部像素的梯度较小,而其边缘具有较高的梯度值,我们在此以实验中所采用的 Peppers图像为例,以其梯度直方图作为参考依据,选择合适的梯度分量.

选择的思路:通过对梯度直方图(如图 2)分布进行加权修正.以达到增大梯度直方图的分布细节.为此,对直方图中高梯度区域扩大其权值,减少均匀区域内像素点对直方图的影响.以增加边缘处像素点对直方图的贡献.经加权处理后的效果如图 3 所示.在此,选择第一谷点所对应的阈值  $T$ ,在原梯度直方图 3 中,以阈值  $T$ 相对应的梯度值为确定的梯度分量.

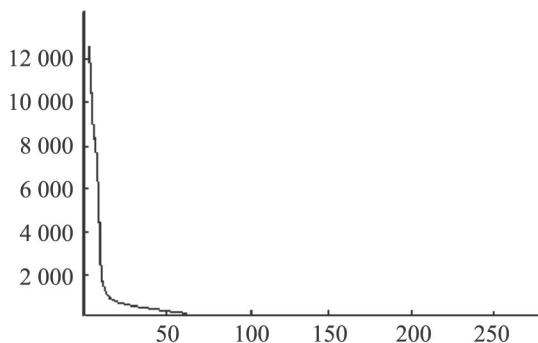


图2 Peppers 梯图直方图  
Fig.2 Peppers gradient histogram

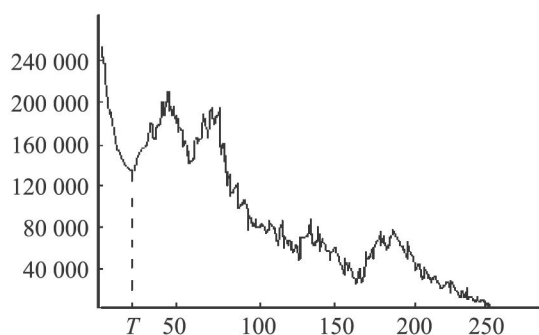


图3 Peppers 加权梯度直方图  
Fig.3 Peppers weighing gradient histogram

### 2.3 邻域均值分量的选择

根据灰度,及梯度分量的设置方法,对图像中的背景区域统计其像素均值.而目标区域中的灰度变化与背景区域有着明显的差异.为此,可通过求由上述确定的灰度分量  $T_0$ 和梯度分量所对应的阈值  $T$ ,求两者的均值来确定.

## 3 实验结果及分析

由以上算法确定出图像分割的阈值,根据分割的结果然后提取出背景和边缘.效果如图 4(b)、(c)、(d)所示,实验运行环境为: Intel Pentium 4, CPU 2.26GHz, Windows XP, Matlab 7.0,采用国际标准测试图像 Peppers

图像,原始图像为 256 色图,大小为: 512 × 512. 图像分割的参数设置及运行时间如表 1 所示.

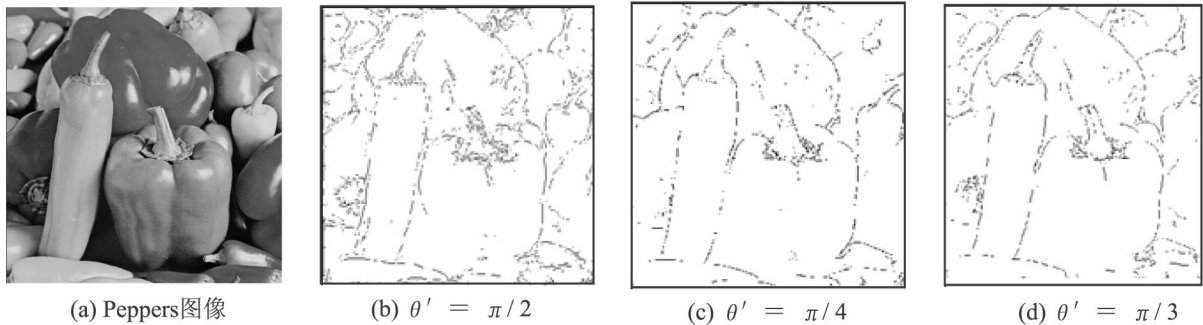


图 4 基于矢量阈值的自适应图像分割结果

Fig.4 Results of self-adaptive image segmentation based on vector threshold

为计算方便,本文中的特征矢量的各分量均取整数.从表中的数据分析可见,动态取值时,三者在执行时间上以  $\theta' = \pi/3$  时最短.由分割效果分析可知,动态分割点  $\theta'$  取不同分割值时,所得到的图像分割效果  $\theta' = \pi/2$  效果最好,  $\theta' = \pi/3$  分割的效果也较为明显,对图像中的区域边缘处细节部分能够较好的识别,在图像中能够形成较明显的边缘连线.相对于图 6,  $\theta' = \pi/4$  时的分割效果来看,图像分割的较为清晰,后者分割效果则较为模糊,图像中的许多细节部分并没有提取出来.在于分割点取值较小,易于造成对目标区域中的像素的判定不准确.反映在特征空间中,目标区域像素对应的特征矢量与特征阈值矢量角度过小,丢失了较多的目标像素.  $\theta' = \pi/2$  时,图像的分割效果相对  $\theta' = \pi/3$  时较强些,能够较好的从图像成分离成绝大部分细节边界部分,形成较为清晰的物体边缘轮廓连线.由此,本文实验中所确定的最佳分割点为:  $\theta' = \pi/2$

表 1 动态参数 与分割处理的关系

Tab 1 Relationship between Dynamic parameter and segmentation process

分割点	参数	特征阈值矢量 $T$	执行时间 /s
$\pi/2$		(1 250, 56, 38)	86.17
$\pi/4$		(1 350, 68, 43)	73.32
$\pi/3$		(1 013, 57, 33)	71.56

#### 4 结束语

目前,图像分割的算法国内外学者就此已提出了上千种算法,但通用的适合于所有不同类型的图像分割算法并不存在,不同的分割算法都针对了某一特定的应用范围,所取得分割效果也各有差异.本文提出的一种基于空间矢量的图像分割方法,从图像的分割效果上讲,效果较好.分割前的边缘增强处理,使得在所构建的空间中,特征点能够更好的反映出与图像像素点之间的关系.再进一步分析可发现,在三维特征空间中,背景与目标区域中的像素点往往以不同形式的类似于“云团”的形状出现,单纯的在从矢量夹角的关系去分析目标与背景的关系,已不再适用.可以再考虑从 2 区域中心点与原点所构成的角度关系出发,从而将 2 类分离出来,这一步是今后值得较好细致研究的问题.

#### 参考文献:

- [1] 韩思奇,王蕾.图像分割的阈值法综述[J].系统工程与电子技术,2002,24(6):91-94,102
- [2] 章毓晋.图像处理和分析[M].北京:清华大学出版社,1999:119-215.
- [3] Otsu N. A threshold selection method from grey level histogram[J]. IEEE Trans Syst Man, cybern1978, 29: 62-66
- [4] Kittler J and Illingworth J. Minimum error thresholding[J]. Pattern Recognition, 1986, 19(1): 41-47.
- [5] 唐英干,刘冬,关新平.一种改进的模糊熵红外图像分割方法[J].激光与红外,2006,(4):321-323.
- [6] 刘金根,吉会云,周灿,等.复杂背景下图像中弱小目标的分割和提取算法[J].武汉理工大学学报,2006,28(12):127-129.
- [7] 刘怀,黄建新.彩色图像的矢量阈值自适应分割算法[J].南京师大学报:工程技术版,2006,6(2):18-22.
- [8] 王茜蓓,彭中,刘莉.一种基于自适应阈值的图像分割算法[J].北京理工大学学报,2003,23(4):521-524.