

判别分析法确定最佳阈值的快速算法

耿楠¹, 党革荣¹, 何东健², 王宏斌¹

(1 西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨陵 712100;

2 西北农林科技大学 信息工程学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘要] 探讨了判别分析法确定最佳阈值的快速算法, 以解决经典算法处理速度过慢, 不能满足计算机视觉对农作物及农产品进行实时检测和分级要求的问题。利用图像的灰度直方图数据进行类分布参数的统计, 从而避免重复对整个图像数据进行统计计算, 以提高处理速度。结果表明, 快速算法可使处理时间减小 94.7%~97.5%。

[关键词] 判别分析法; 阈值; 图像处理; 直方图

[中图分类号] TP274.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)06-119-03

用计算机视觉对农作物及农产品进行检测、分选、分级时, 需对采集的图像进行处理。为了减少图像数据和便于对图像进行识别, 通常需要进行图像的二值化处理^[1~3]。二值化处理中不可避免地要丢失图像信息, 若阈值过小, 会提取多余的部分, 而阈值过大, 又会丢失所需的信息。因此, 阈值的选择是图像二值化处理中的一项重要技术。Sahoo, Lee 等研究认为, 判别分析法的一致性和形状参数最高, 但其速度最慢, 特别是在图像像素较大时, 处理速度很慢, 难于满足实时检测的要求^[4]。因此, 研究其快速算法很有必要。

1 经典判别分析法

判别分析法确定最佳阈值的准则是使阈值处理后分离的像素类的类间方差最大^[1~3]。设灰度级为 L 的图像总像素数为 N , 灰度值为 i 的像素数为 N_i , 至灰度级 K 的灰度分布的零阶及一阶矩为:

$$\text{零阶矩} \quad \omega(k) = \sum_{i=0}^k \frac{N_i}{N} \quad (1)$$

$$\text{一阶矩} \quad \mu(k) = \sum_{i=0}^k \frac{iN_i}{N} \quad (2)$$

显然, $\omega(L) = 1$; $\mu(L) = \mu_T$, μ_T 为平均灰度。

现有 $M-1$ 个阈值:

$$1 \leq k_1 < k_2 < \dots < k_{M-1} < L$$

将图像分割成 M 个灰度值的类:

$$C_j \text{ for } S_j = [k_{j-1} + 1, \dots, k_j]$$

$$(j = 1, 2, \dots, M)$$

式中, 区间 $S_j = [\cdot]$ 表示灰度级范围。

各类 C_j 的发生概率 ω_j 、平均值 μ_j 由 (1)、(2) 式得到:

$$\omega_j = \omega(k_j) - \omega(k_{j-1})$$

$$\mu_j = \frac{\mu(k_j) - \mu(k_{j-1})}{\omega(k_j) - \omega(k_{j-1})}$$

式中, $\omega(0) = 0$, $\mu(0) = 0$ 。

因此, 类间方差 σ^2 为:

$$\sigma^2(k_1, k_2, \dots, k_{M-1}) = \sum_{j=1}^M \omega_j (\mu_j - \mu_T)^2 \quad (3)$$

使上式的值为最大的阈值组 $(k_1, k_2, \dots, k_{M-1})$, 便是 M 值化的最佳阈值组。若取 M 为 2, 即分割成 2 类, 则可用上述方法求出二值化的阈值。

设图像像素为 $M \times N$, 灰度级为 L , 则二值化处理确定最佳阈值时需进行 $M \times N \times L + L$ 次循环, 例如对 1 幅像素 160×120 , 灰度级为 256 的图像, 需进行 4 915 456 次循环, 对 1 幅像素 320×240 , 灰度级为 256 的图像, 需进行 19 661 056 次循环。可见随图像尺寸的增大, 循环次数将急剧变大, 使处理速度变得很慢。

2 判别分析法的快速算法

对经典算法分析可知, 影响处理速度的原因主要有:

1) 图像尺寸和灰度级。这是影响处理速度的根

[收稿日期] 2000-12-29

[基金项目] 陕西省自然科学基金资助项目 (4130103)

[作者简介] 耿楠 (1971-), 男, 陕西三原人, 讲师, 硕士, 从事智能化检测在农业中应用的研究。

本原因,但受图像分辨率的限定,在一定检测精度的条件下,不能对其进行改变。

2) 图像灰度范围。设图像中最小灰度水平为 $L_{\min}$, 最大灰度水平为 $L_{\max}$ (图 1), 显然对小于 $L_{\min}$ 和大于 $L_{\max}$ 的灰度值处理是无意义的。

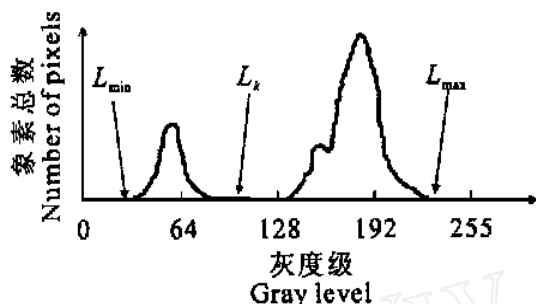


图 1 灰度直方图

Fig 1 Gray histogram

3) 类分布参数统计。对给定的灰度级 L_k , 按该灰度级分类后, 在求两类的零阶矩和一阶矩时, 需对图像进行 1 次扫描, 因此对 L 级灰度级而言, 需将整个图像扫描 L 次, 这是引起速度减慢的关键。

基于以上分析, 判别分析法的改进应从 3 个方面入手。

(1) 统计类分布参数时, 先统计整个图像的灰度直方图, 设灰度直方图数组为 $pBuffer[L]$, 则由灰度级 k 分成的两个类的零阶及一阶矩分别为:

$$\omega(k) = \sum_{i=0}^k pBuffer[i] \quad (4)$$

$$\omega(k+1) = \sum_{i=k+1}^L pBuffer[i] \quad (5)$$

$$\mu(k) = \frac{1}{\omega(k)} \cdot \sum_{i=0}^k i \cdot pBuffer[i] \quad (6)$$

$$\mu(k+1) = \frac{1}{\omega(k+1)} \cdot \sum_{i=k+1}^L i \cdot pBuffer[i] \quad (7)$$

这两个类间的方差为:

$$\sigma^2(k) = [\omega(k+1) - \omega(k)] \cdot [\mu(k+1) - \mu(k)]^2 \quad (8)$$

这样对于每个灰度级不是去扫描整个图像, 而是对 L 级直方图进行分析计算, 循环次数由 $M \times N \times L$ 次变为 $L \times L$ 次, 从而处理速度得以提高。

(2) 忽略对小于 $L_{\min}$ 和大于 $L_{\max}$ 的灰度级的分类处理。处理速度的提高因图像而异, 图像灰度分布范围越小, 处理速度的提高幅度越大, 而当 $L_{\min} = 0$ 和 $L_{\max} = L$ 时, 将对处理速度不产生任何影响。

(3) 查找最小灰度级 $L_{\min}$ 和最大灰度级 $L_{\max}$ 时, 也可采用直方图的特征进行统计。即从 $L_i = 0$ 和 $L_i = L$ 分别向直方图内侧查找第 1 个不为 0 的

$pBuffer[i]$, 对应的 i 值便是所求的 $L_{\min}$ 和 $L_{\max}$ 。

利用直方图确定阈值时, 当图像像素总数小于灰度级 L , 该算法处理速度将减慢。解决这一问题的方法是, 对于像素总数小于灰度级 L 的图像采用经典算法, 而对于像素总数大于灰度级 L 的图像采用改进算法。当然, 由于此时图像较小也可忽略对此问题的处理。图 2 是改进后的快速判别分析法确定最佳阈值的算法流程。

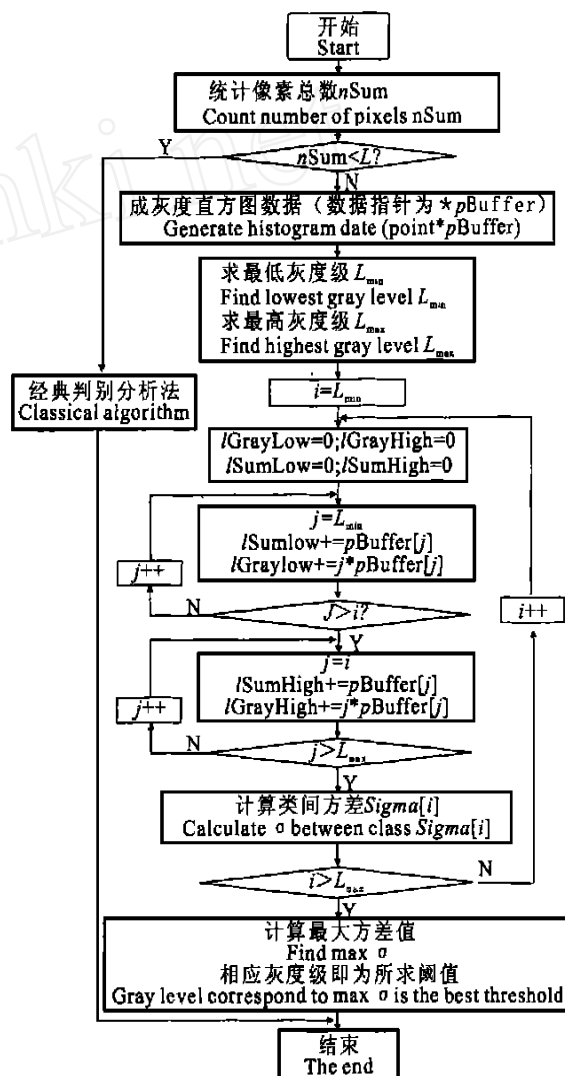


图 2 算法流程图

Fig 2 Algorithm flow chart

3 结果及讨论

对改进后的算法用 VC++ 6.0 在 Windows 2000 操作平台下编制程序进行试验^[4]。分别用经典判别分析法和快速判别分析法对不同像素的小麦图像进行处理, 利用 GetSystemTime() 函数测定处理所需的时间(表 1)。由表 1 可知, 当图像像素为 80×60 时, 经典判别分析法用时 0.05 s, 而快速判别分

析法用时已无法测出(可认为 0 s)。随图像像素的增加, 经典算法用时急剧增加, 当图像像素为 1024×768 时, 处理时间达 8 301 s, 快速算法用时仅为 0 211 s, 是经典算法用时的 2 54%。计算机 CPU 为 Inter Celeron 300A, 128M RAM。

表 1 经典和快速判别分析法处理时间

Table 1 Processing time of classic and fast discriminant analysis algorithm

图像像素 Image size	处理时间/s Processing time		时间减少率/% Reduce rate
	判别分析法 Classic algorithm	快速判别分析法 Fast algorithm	
80 × 60	0 05	0	
160 × 120	0 15	0 01	94 7
320 × 240	0 751	0 02	97 3
640 × 480	3 245	0 08	97 5
1024 × 768	8 301	0 211	97 5

[参考文献]

[1] 田捷, 沙飞, 张新生. 实用图像分析与处理技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 1995
[2] Kenneth R, Castleman. Digital Image Processing[M]. New York: Prentice Hall Inc, 1996
[3] 何东健, 杨青. 实用图像处理技术[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1998
[4] 王润生. 图像理解[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1995
[5] David J, Kruglinski. Programming Visual C++ [M]. New York: Microsoft(r) Press, 1998

Fast discriminant analysis algorithm for the best threshold

GENG Nan¹, DANG Ge-rong¹, HE Dong-jian², WANG Hong-bin¹

(1 College of Mechanical and Electronic Engineering; 2 College of Information Engineering, North West Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shanxi 712100, China)

Abstract: The paper discusses a fast algorithm to improve the speed of the original discriminant analysis algorithm for the best threshold. It can solve the problem that the original algorithm requires much more time with low speed while the image size increases and can't satisfy the need of real time detection and classification of agricultural products with computer vision. The result indicates the fast algorithm can decrease the processing time by 94.7%~97.5%.

Key words: discriminant analysis; threshold; image processing; histogram