

一种实时自适应图像二值化方法

王延杰 宋建中

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130021)

摘要 本文介绍一种用单片机和高速静态 RAM 统计直方图数据, 并利用直方图数据和图像变换的原理来计算图像二值化的切割阈值的方法。这种方法实现了实时自适应图像二值化, 并具有二值化速度快、效果好、电路简单、成本低廉的特点, 适用于实时图像处理。

关键词: 图像二值化; 保矩切割; 直方图叠积; 高速静态 RAM

1 引言

图像二值化是数字图像处理技术中的一项基本技术。在许多应用场合都要求首先对输入的灰度图像进行二值化, 也就是一个阈值把图像的像元按其灰度值分为二类。比如, 像元灰度值低于阈值的规为背景一类, 赋予一个值 Z_0 ; 像元灰度值高于阈值的规为目标一类, 赋予一个值 Z_1 。这样切割后的图像只有二个灰度级, 所以叫它二值图像。这个切割过程就叫图像的二值化。

跟踪测量电视系统对图像二值化的要求比一般的数字图像处理系统更高, 它要求二值化要有实时性、自适应能力和完好的目标形状。因为跟踪测量电视是 1 个在外场使用的光—电式精密测量系统, 目标在自然背景中, 光照条件不能由人为控制, 图像的灰度会随时随地而变化, 所以二值化的阈值要随着图像的灰度变化自动调整到最佳值。在二值化过程中, 如果目标图像发生破损或畸变、移动, 都会引入测量误差和影响跟踪精度, 因此要求二值化图像的完整性。基于这些原因, 跟踪测量电视系统中的二值化问题一直是一个令人感兴趣的课题。

二值化的关键是自动寻一个切割阈值。有人利用图像本身的灰度信息, 通过低通滤波器取出背景电平做切割阈值。这种办法在视频信号处理中叫背景抵消法, 在对背景计算得比较准确时, 阈值可以很好地跟踪背景变化, 但在背景复杂时, 跟踪与切割会出现错误。也有人用双窗口采样的办法, 对背景进行采样, 用几点的背景灰度平均值做切割阈值, 这种方法局限性更大。在数字图像处理中, 更多的人利用图像灰度直方图的形状信息来得到切割阈值。对比度良好的图像的直方图是双峰曲线, 一个峰集中了背景的像元, 一个峰集中了目标的像

元, 所以各底正好是切割的阈值^{[1].[2]}, 也有人提出用直方图的平均信息量来计算切割阈值^[3], 还有其它利用直方图形状信息切割图像的方案。

除了直方图形状信息, 还可以利用直方图的其它信息, 有人提出一种“保矩切割”法^[4], 在计算“矩”时利用了直方图数据。

用软件进行直方图统计是很费时间的, 需要有专门的硬件电路来完成。本文介绍的方法是基于“保矩切割”的思想, 用门阵列构成加一电路, 实时统计灰度直方图, 由单片机读取直方图数据完成自适应的图像二值化。

2 图像二值化的原理

假设图像 f 是由 n 个像元构成, 在 (x, y) 点的像元灰度用 $f(x, y)$ 表示。切割 f 而形成的二值图像用 f_b 表示。对 f 和 f_b 分别做以下变换:

$$m(i) = \frac{1}{n} \sum_x \sum_y f^i(x, y), \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

$$m_b(i) = \frac{1}{n} \sum_x \sum_y f_b^i(x, y), \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

设图像中具有灰度 Z_j 的像元数为 n_j , 占总像元数的比例 $P_j = \frac{n_j}{n}$ 。那么 (1)、(2) 式可以改写为:

$$m(i) = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{255} n_j Z_j^i = \sum_{j=0}^{255} P_j Z_j^i \quad (3)$$

$$m_b(i) = \sum_{j=0}^1 P_j Z_j^i \quad (4)$$

(3) 式中假设图像灰度为 256, (3) 式可以利用直方图数据直接计算。

如果把 f 看成 f_b 的模糊形式, 则可以令

$$m(i) = m_b(i), \quad i = 1, 2, 3 \quad (5)$$

而且, 对二值图像 f_b , 有

$$P_0 + P_1 = 1 \quad (6)$$

从 (5) 式和 (6) 之联立方程组, 可以解出 P_0, P_1, Z_0, Z_1 。然后根据 P_0 的定义: 灰度小于等于切割阈值 t 像元数占数的比值, 写出下式:

$$P_0 = \frac{1}{n} \sum_{Z_j \leq t} n_j \quad (7)$$

选择使 (7) 式成立的 t 值, 即到切割阈值。

3 硬件累积直方图

用硬件累积直方图已是从事图像处理的人的共识, 而且有不同方法实现。下面介绍用门阵列构成加一电路实现直方图累积。图 1 给出逻辑框图。

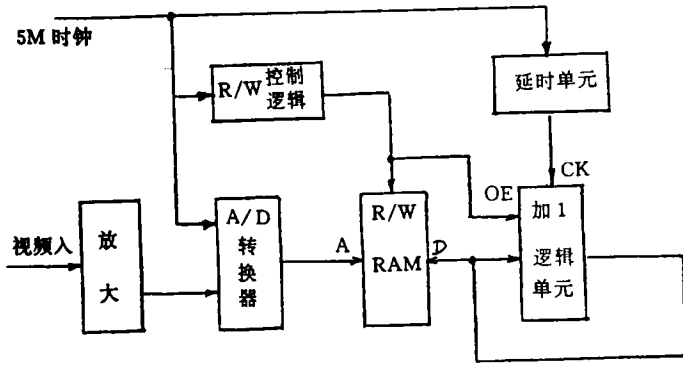


图 1 直方图累积逻辑框图

来自摄像机的全视频信号经过放大和电平调整后送 A/D 转换器，输出的数字量，即图像像元的灰度值做为 RAM 的地址信号送到 RAM 的地址线上。同时，读写控制器产生 RD 信号，读出 RAM 在该单元的内容，并把它送至加 1 逻辑单元中。完成加 1 后再把数据送回 RAM 的数据线上，同时读写控制器产生写信号，把加 1 后的内容

写回到 RAM 的当前单元中，将图像当前像元的灰度值所对应的单元内容加 1。然后，下一个像元再重复上述操作，当一幅图像扫描完成后，RAM 中存贮的内容就是这幅图像中每个灰度级的像元数，也就是该图像的灰度直方图。

系统采样频率为 5MHz，每个像元为 200ns 宽。图像有效部分取 256×256 像元，共 64k，所以 RAM 要用两片高速静态存储器 2018，以保证不丢失像元。为了保证的 RAM 输出的数据稳定后再送入加 1 电路，5MHz 时钟信号经历一个 40ns 的延时单元加到加 1 逻辑单元。

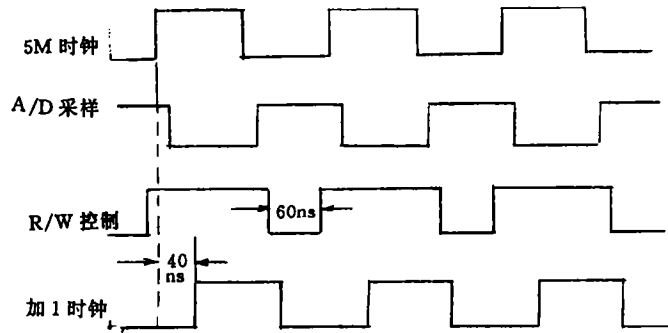


图 2 直方图累积电路主要波形图

为使电路简单，加 1 电路用三

片门阵列 16V8R 来完成。门阵列程序清单如下：

```

C0, C1, C2, C3, C4, C5, C7      Pin 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9;
Q0, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7  Pin 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12;
CLK                               Pin 1;
H, L, X=1, 0, . x.;
QUTPUT= [Q7, Q6, Q5, Q4, Q3, Q2, Q1, Q0];
INPUT= [C7, C6, C5, C4, C3, C2, C1, C0];
tquations;
OUTPUT: = (INPUT+1);
    
```

逻辑电路中主要波形时序如图 2 所示。

4 图像切割电路

由 CPU 读取灰度直方图数据后，利用公式 (3)、(5)、(6) 和 (7) 计算出切割阈值 t ，然后将 t 值锁存在 1[#] 锁存器中，保持一场时间内不变。视频信号由 A/D 转换后送至锁存器 2[#] 中，两个锁存器的内容相比较。当 2[#] 锁存器内容在某个像元时大于 1[#] 锁存的内容，比较器产

生高电平,表示目标信号。切割电路逻辑图如图3所示。

5 实验结果

用文本介绍的方法对不同对比度的图像进行了大量实验,结果表明自适应能力很强,对不同光照条件下的图像自动进行二值化的效果都很理想。图4a是其中一幅原始灰度图像,其灰度直方图和采用“保矩切割”原理算出的阈值 t 示于图5。经过切割得到的二值图像如图4b所示。

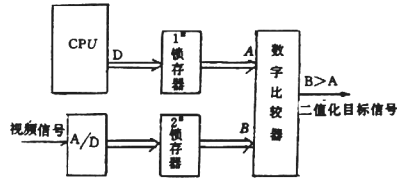
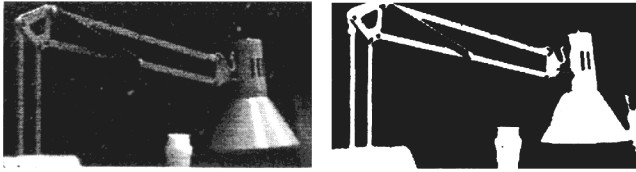


图3 图像切割电路逻辑框图



(a) 原始灰度图像

(b) 切割后的二值图像

图4

从图中可见,二值化的图像在形状上完好,在二值化的处理时间上只是门阵列的读出和写入时间,大约几十个纳秒。几乎是随着图像的数字化同时就实现了二值化,实时性非常好。本文介绍的方法已经在外场实际应用,效果满意。

6 结论

本文介绍的实时自适应图像二值化方法有速度快、效果好、电路简单和成本低廉的特点。不仅适用于跟踪测量电视系统,也可以用于其它实时图像处理系统。

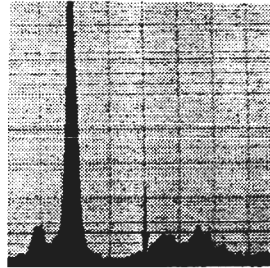


图5 图4a的灰度直方图
 t 为自动切割阈值

参 考 文 献

- [1] A. Rosenfeld and A. C. Kak, Digital Picture Processing. Vol. I, Academic Press, New York, 1982
- [2] J. S. Weszka, A survey of threshold selection techniques. Comput. Graphics, Image Process, 1978, 7: 259-265
- [3] T. Pun, A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram. Signal process, 1980, 2: 223-237
- [4] Wen-Hsiang Tsai, Moment-preserving thresholding: A new approach. Computer vision, Graphics, and Image processing, 1985, 29: 377-393

An Adaptive Method for Image Binarization in Real-Time

Wang Yanjie, Song Jianzhong

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences,
Changchun 130021)

Abstract

An adaptive method for image binarization in real-time composed of a single chip micro-computer and SRAMs, which are used for histogram accumulator and calculated the thresholding value according to the principle of "moment-preserving threshold", is described. This method performs adaptive image binarization in real-time with the characteristics of fast, good result, simple and low cost, It is suitable for real-time image processing.

Key words: SRAM, Image binarization, Moment-preserving threshold, Histogram accumulator