

一种基于灰值形态学的汽车牌照提取方法

杭州浙江大学信息与通信工程研究所(310027) 章东平 刘济林

浙江大学土木工程学系(310027) 祝金标

摘要: 提出了一种利用灰度形态变换快速提取汽车牌照区域的方法。利用灰度形态变换对输入的图像进行滤波,根据牌照的大致尺寸和滤波图像的模板卷积得到几个牌照的候选区域,最后分析候选区域内水平方向的波峰高宽比和波峰数得到真正的牌照区域。

关键词: 灰值形态学 卷积 模板卷积投影 牌照识别

基于图像理解的汽车牌照自动识别系统是智能交通系统的一个重要分支,有着非常广泛的应用前景,而把汽车牌照从复杂的汽车图像中分割出来是汽车牌照自动识别系统必须解决的关键问题。在过去的十几年中,各国的科研人员提出了不少提取汽车牌照的方法。Choi^[1]和 Kim^[2]提出利用 Hough 变换寻找垂直边缘提取汽车牌照的方法,此方法由于许多汽车前部散热器产生的垂直边缘和某些牌照边框的扭曲或某些汽车牌照没有边框而鲁棒性较差。S.K.Kim^[3]和 H.J.Kim^[4]提出的基于遗传算法分割提取汽车牌照的方法,最大缺点是耗时长,难以进行实时处理。S.H.Park^[5]提出的一种基于神经网络提取汽车牌照的方法,使用二个时延神经网络在水平和垂直方向对输入的图像进行滤波,得到牌照的候选区域,然后利用牌照的长宽比、面积、面积与周长比来区分真正的牌照区域与类牌照区域。此方法要求图像中的牌照尺寸基本不变,一旦图像中的牌照尺寸发生了较大的变化,必须对神经网络重新进行训练。T.R.Crimmins^[6]提出了一种数学形态学方法,此方法用不同尺寸的每个可能字符作为结构元素,采用击中击不中方法先提取输入图像中的字符,再根据牌照字符的语法得到汽车牌照,这种方法计算量非常大且易受噪声影响。C.H.Poon^[7]提出了一种灰值形态学方法,它通过检测字符中的直线段和字符间的空间来提取牌照,这种方法耗时较多,且没有利用牌照的尺寸信息。C.M.Hwang^[8]提出了空间频率方法,它利用牌照区域内空间频率变化大的特性,对图像进行一阶差分。差分图在牌照区域内形成多个峰,然后利用峰的幅度、宽度和密度区分真正的牌照区域与类牌照区域。这种方法具有耗时少、抗噪能力强的优点。本文提出的灰值形态学方法不仅利用了牌照区域内空间频率变化大的特性而且利用了牌照区域内字符笔划具有高曲率的特性,因而比单纯的空间频率方法更加有效。通过建立牌照与卷积算子和形态学结构元素尺寸的相互关系,本文提出的方法对不同尺寸牌照具有很好的鲁棒性。

1 数学形态学

数学形态学是一种重要的数字图像处理方法和理论。在数学形态学中,两种最基本的变换或运算是腐蚀和膨胀,其它形态学变换都可通过它们来定义。下面列出了一些灰值形态学变换的定义。

图像 $f(x,y)$ 平移 (a,b) 定义为:

$$f_{(a,b)}(x,y)=f(x-a,y-b)$$

图像 $f(x,y)$ 相对于原点的反射为:

$$f^{\wedge}(x,y)=f(-x,-y)$$

二幅图像 $f(x,y)$ 和 $g(x,y)$ 的最小记为 $(f \wedge g)(x,y)$ 。

当 (x,y) 位于图像 f 的定义域 $D(f)$ 和图像 g 的定义域 $D(g)$ 的交集 $D(f) \cap D(g)$ 内时:

$$(f \wedge g)(x,y)=\min\{f(x,y),g(x,y)\}$$

否则:

$$(f \wedge g)(x,y)=0$$

二幅图像 $f(x,y)$ 和 $g(x,y)$ 的最大记为 $(f \vee g)(x,y)$ 。

当 (x,y) 位于图像 f 的定义域 $D(f)$ 和图像 g 的定义域 $D(g)$ 的交集 $D(f) \cap D(g)$ 内时:

$$(f \vee g)(x,y)=\max\{f(x,y),g(x,y)\}$$

当 $(x,y) \in D(f)$ 且 $(x,y) \notin D(g)$ 时

$$(f \vee g)(x,y)=f(x,y)$$

当 $(x,y) \in D(g)$ 且 $(x,y) \notin D(f)$ 时

$$(f \vee g)(x,y)=g(x,y)$$

$f(x,y)$ 被 $g(x,y)$ 膨胀定义为:

$$(f \oplus g)(x,y)=\max_{(a,b) \in D(g)} \{f(x-a,y-b)+g(a,b)\}$$

$f(x,y)$ 被 $g(x,y)$ 腐蚀定义为:

$$(f \ominus g)(x,y)=\max_{(a,b) \in D(g)} \{f(x-a,y-b)-g(a,b)\}$$

开运算定义:

$$f \circ g=(f \ominus g) \oplus g$$

闭运算定义:

$$f \bullet g=(f \oplus g) \ominus g$$

Top-Hat 变换定义:

$$\text{Hat}(f,g)=f-f \circ g$$

与 Top-Hat 变换相对的是波谷检测器 (Valley 变换), 其定义为:

$$Valley(f, g) = (f \cdot g) - f$$

形态学梯度有下面三种形式:

$$Grad(f) = f - (f \ominus g)$$

$$Grad(f) = (f \oplus g) - f$$

$$Grad(f) = \frac{[(f \oplus g) - (f \ominus g)]}{2}$$

2 牌照提取算法

在牌照提取算法中, 需要用到卷积、模板卷积和卷积投影等概念。下面对它们进行定义。

对于图像 $[a_{ij}]_{m \times n}$, $i=0 \dots m-1, j=0 \dots n-1$, 模板 $[a_{ij}]_{p \times q}$, $p < m, q < n$, 其卷积、模板卷积和卷积投影都是一维数组。

$$\text{垂直卷积 } v: v[j] = \sum_{i=0}^{m-1} a_{ij}$$

$$\text{水平卷积 } h: h[i] = \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}$$

$$\text{垂直卷积投影 } v_p: v_p[j] = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^{m-1} a_{ij}$$

$$\text{水平卷积投影 } h_p: h_p[i] = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}$$

$$\text{垂直模板卷积 } v_m: v_m[j] = \max_{0 \leq i < m} \left\{ \sum_{k=i-p/2}^{i+p/2} \sum_{l=j-q/2}^{j+q/2} a_{kl} \right\}$$

$$\text{水平模板卷积 } h_m: h_m[i] = \max_{0 \leq j < n} \left\{ \sum_{k=i-p/2}^{i+p/2} \sum_{l=j-q/2}^{j+q/2} a_{kl} \right\}$$

垂直模板卷积投影 v_{mp} :

$$v_{mp}[j] = \frac{1}{p \times q} \max_{0 \leq i < m} \left\{ \sum_{k=i-p/2}^{i+p/2} \sum_{l=j-q/2}^{j+q/2} a_{kl} \right\}$$

水平模板卷积投影 h_{mp} :

$$h_{mp}[i] = \frac{1}{p \times q} \max_{0 \leq j < n} \left\{ \sum_{k=i-p/2}^{i+p/2} \sum_{l=j-q/2}^{j+q/2} a_{kl} \right\}$$

图 1 中牌照区域的长为 173 像素、高为 36 像素。从左到右、从上到下的 8 条曲线依次为牌照区域灰度图第 10~17 条水平方向的灰度值。通过观察发现, 在牌照区域的水平方向不仅空间频率变化大, 而且具有许多陡峭的峰(谷)和高曲率点。而灰值形态学的梯度变换可以对图像进行高通滤波, 灰值形态学的 Top-Hat 变换和 Valley

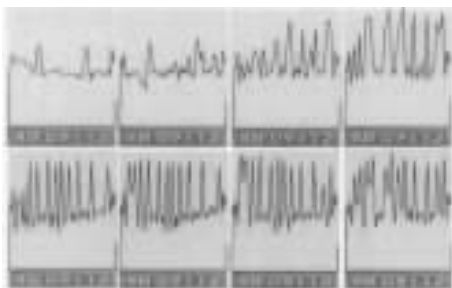


图 1 水平灰度曲线

变换可以提取高曲率点、波峰和波谷。

进行形态学变换, 需要考虑二个因素: 结构元素和变换类型。变换类型准备采用灰值形态学的梯度变换、Top-Hat 变换和 Valley 变换。结构元素采用 $n \times 1$ 的一维水平结构, 以提取水平方向上的高频分量、波峰和波谷。结构元素的大小 n 对 Top-Hat 变换和 Valley 变换的结果有着很大的影响, 因此问题的关键是怎样确定 n 。

分析图 1 中水平方向的灰度曲线, 发现在穿过字符的水平线上, 灰度曲线波峰的宽度与字符垂直笔划的宽度存在着某种线性关系。根据中国汽车牌照的一般规范, 牌照上字符的垂直笔划宽度与牌照的宽度也存在着某种线性关系。结构元素的尺寸 n 与灰度曲线波峰的宽度又可建立一种线性关系。因此可建立 n 与牌照宽度 w 的一种近似线性的关系:

$$n = \text{Integer} \left(\frac{w}{k} + b \right)$$

式中的 Integer() 表示对括号内的值取整。 w, b 都为整数。根据经验令 w, b 分别为 25 和 0, 则:

$$n = \text{Integer} \left(\frac{w}{25} \right)$$

由上式可知, 当牌照的宽度 w 变化 25 个像素时, 结构元素的大小 n 才变化 1 个单位, 也就是说 n 对 w 不是很敏感。

牌照区域提取算法包括以下几步:

(1) 缩小图像: 对输入的灰值汽车图像进行隔行隔列抽样, 得到一幅大小为四分之一原图的新图像。接下来的处理均在新图像上进行, 这样可以大大减少处理时间, 提高算法的效率。根据形态学的尺度变换兼容性原理, 对图像缩小(放大)后再进行形态学变换, 只要对结构元素做相应的变换, 结果不变。

(2) 水平分割: 对汽车图像进行水平分割, 得到几个可能含牌照的水平区域。

(3) 垂直分割: 对第(2)步所得到的每一个水平区域进行垂直分割, 得到一些牌照的候选区域。

(4) 牌照区域甄别: 分析各个候选区域得出真正的牌照区域。

2.1 水平分割

分别对汽车图像进行灰值形态学的梯度变换、Top-Hat 变换和 Valley 变换, 如图 2。一般来说, 在大多数汽

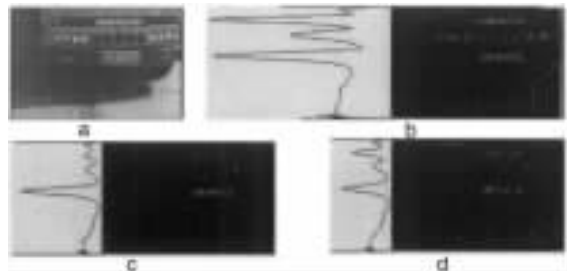


图 2 a 为汽车灰度图像图; b 为形态学梯度图; c 为 Top-Hat 变换图; d 为 Valley 变换图

车牌照自动识别系统应用中, CCD 摄取的汽车图像中牌照的大致宽度和高度是已知的。如果牌照的宽度为 $w \in (a, b)$, 则取水平模板 $m \times 1$, 其中 $m = (a+b)/2$ 。用模板分别对图像的梯度图、Top-Hat 变换图和 Valley 变换图进行水平模板卷积。对每幅变换图取每一行模板水平卷积的最大值, 得到 1 个一维数组, 3 幅变换图共得到 3 个一维数组 g_i, t_i 和 v_i , 其中 i 大于等于 1, 而小于等于图像的高度, 其曲线如图 2 的 b、c、d。观察图 2 可以发现, 由于受车体上其它字符和车前灯等因素的影响, 仅仅依靠梯度图较难对牌照进行水平定位, 而结合 Top-Hat 变换图和 Valley 变换图, 能更好地对牌照进行水平定位。据此, 构造了 1 个一维数组 p_i 。

$$p_i = g_i \times t_i \times v_i$$

其曲线如图 3。取图 3 中最高峰的位置作为牌照的水平中线, 为了确保不会出错, 把次高峰也作为牌照的另一备选位置。根据最高峰和次高峰的位置, 分割出 2 个宽为汽车图像宽度, 高为牌照的最大可能高度 b 的区域, 如图 4 中的 a 和 b。

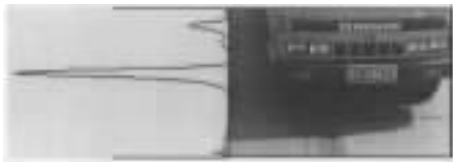


图 3 水平模板卷积投影曲线



图 4 水平分割结果

2.2 垂直分割

对图 4 中的 a 和 b 二个区域分别进行灰值形态学的梯度变换、Top-Hat 变换和 Valley 变换, 并在垂直方向对变换图进行卷积得到 3 个一维数组 g_i, t_i 和 v_i , 其中 i 大于等于 1, 而小于等于图像的宽度 w , 其曲线如图 5 和图 6。 $q_i = g_i \times t_i \times v_i$ 的曲线如图 7。利用下面的公式分别对图 4 中的 a 和 b 进行垂直分割。

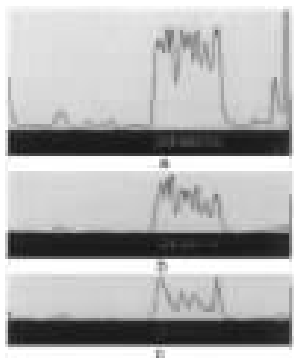


图 5 a、b、c 分别为图 4(a) 的梯度图、Top-Hat 变换和 Valley 变换图的垂直卷积的曲线

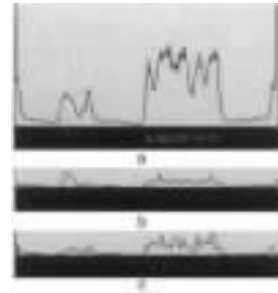


图 6 a、b、c 分别为图 4(b) 的梯度图、Top-Hat 变换和 Valley 变换图的垂直卷积的曲线

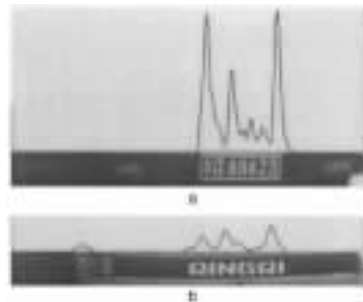


图 7 垂直卷积曲线

$$\{(m, n) | q_i > kT, i = m \dots n, n - m + 1 \in (a, b)\}$$

其中: $T = \text{Max}(q_i)$, k 为一经验值, (a, b) 为牌照的宽度范围。

$$i = l \dots w$$

分割结果如图 8 所示。

2.3 牌照区域甄别

分别标注牌照二候选区的水平峰值(或谷值)点, 如图 9(a) 中的白点, 标注的峰值点要求峰高与峰宽的比大于一经验阈值; 分别把牌照二候选区二值化, 如图 9(b); 然后把候选区峰值(或谷值)点图与二值化图作与运算得到有效峰点(或谷点)图, 如图 9(c)。在有效峰点(或谷点)图中统计有效行数。如果一行内有效峰点(或谷点)数大于 T_1 而小于 T_2 , 为有效行, 则认为有效行数多者为真正的牌照区域。其中 T_1 和 T_2 为经验值。

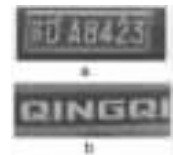


图 8 垂直分割结果



图 9 二值图与峰点图

从复杂的汽车图像中如何把牌照区域分离出来, 是汽车牌照自动识别系统必须解决的问题。本文提出了一种利用灰度形态变换快速提取汽车牌照区域的方法。针对牌照区域内空间频率变化大和牌照区域内字符笔划具有高曲率的特性, 笔者利用灰值形态学的梯度变换、Top-Hat 变换和 Valley 变换, 对输入的图像进行滤波, 接着根据牌照的大致尺寸得到几个牌照的候选区域, 最后分析候选区域内水平方向的波峰的高宽比和波峰数得到真正的牌照区域。实验表明本文提出的方法定位准确率高, 抗噪能力强, 且耗时较少, 能够满足实时性要求。

猝发式红外近距离测试系统发射部分电路设计

北京理工大学(100081) 孙运强
太原华北工学院(030051) 祖 静

摘 要: 针对坦克装甲车辆传动系统旋转轴的扭矩和转速测试的特点,提出了狭下空间下发动机输出轴的猝发式红外近距离测试系统发射部分电路的设计思路。

关键词: 猝发式红外测试 扭矩 转速 发射电路

利用红外通信进行旋转轴动态参数测试,主要是为了满足坦克、装甲车辆狭小空间中运动部件动态参数测试的强烈需求。由于红外通信在空间和成本的优势,从上述理论研究和实车试验中证明其较高的应用价值^[1]。

猝发式红外近距离测试系统是在红外近距离测试系统^[2]的基础上,针对更加狭小的空间如发动机输出轴,提出的一种点对点的红外数据传输的扭矩测试系统。

1 坦克发动机扭矩信号采样频率分析

坦克发动机属多缸发动机,是采用各缸顺序点火、轮流作功的方式工作。实测得到发动机输出轴上产生的力矩(扭矩)是一个随转速变化的周期信号,该信号的幅值极不规律。工程中所述扭矩为平均扭矩,定义在一个循环内(720°曲轴转角)扭矩的平均值。高速、高功率密度柴油机有6缸、8缸和12缸之分,其最高转速均不超过3000r/min,从这一目标出发选用扭矩信号频率最高的12缸发动机计算扭矩信号周期 T 。

当 $n_{\max}=3000\text{r/min}$ 时,

$$T = \frac{10}{n_{\max}} \approx 3.33(\text{ms})$$

按采样定理工程实用采样频率是信号固有频率的5~10倍的原则,以及实际运行效果的试验,取系统采样周期为500 μs 即采样频率为2kHz^[3]。

2 猝发式红外近距离测试系统模型的建立

按图1建立猝发式红外通讯的实物模型,发射器安装在旋转轴上,接收器可安装在轴向和径向两个方向的适当位置,其计算分析相似,由于径向安装比较方便,故安装在径向。

图1中 β —接收器的接收半角;
 R —旋转轴的半径;
 α —发射器的发射半角;

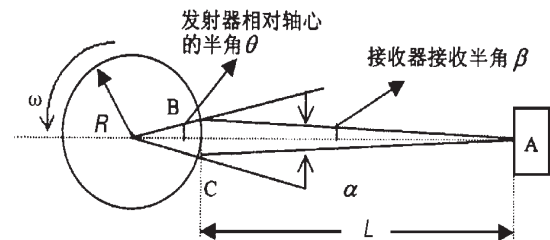


图1 猝发式红外扭矩测试模型

(接上页)

参考文献

- 1 H.j. Choi. A study on the Extraction and recognition of a car number plate by image processing. Journal of the Korea institute of telematics and electronics,1987;24:309~315.
- 2 H.S. Kim. Recognition of a car number plate by a neural network. Proceedings of the Korea information science society fall conference,1991;18:259~262.
- 3 S.K. Kim. A recognition of vehicle licence plate using a genetic algorithm based segmentation. Processing of 3rd IEEE international conference on image processing,1996;2:661~664.
- 4 H.J. Kim. Automatic recognition of car licence plates us-

ing color image processing. Engineering design & automation,1997;3(2):215~225.

- 5 S.H. Park. Locating car license plates using neural networks. Electronics Letters,1999;35:1475~1477
- 6 T.R. Crimmins. Image algebra and automatic shape recognition. IEEE Trans.Aerospace and electronic systems,1985;AES-21(1)
- 7 C.H.Poon. Robust vision system for vehicle licence plate recognition using gray-scale morphology.Proceedings of the 1995 IEEE international symposium on industrial electronics, 1995,Part 1 (of 2),pp.394~399.
- 8 C.M. Hwang.A PC-based car licence plate reader. SPIE 1992;1823:272~283

(收稿日期:2002-08-03)