

一种自适应车牌图像定位新方法

李波 曾致远 周建中

(华中科技大学数字化工程与仿真中心, 武汉 430074)

摘要 针对不同尺寸车牌图像的定位问题,提出了一种新的自适应车牌定位方法。该方法首先根据车牌区域的共性来提取图像的纵向边缘;然后由车牌区纵向纹理和边缘密度等特征,采用一系列步骤自适应去除干扰边缘来保留类车牌特征区域;最后通过横向形态学运算使类车牌区闭合,以有效地克服以往形态学结构元素难以随车牌尺寸变化自适应选取的问题;同时提出了根据场景实际情况,选用灰度调整和颜色来判别模块的观点。通过实际场景中大量车牌样本的验证结果表明,该算法不仅准确率较高,而且自适应性良好,具有实用价值。

关键词 车牌识别 车牌定位 图像处理 边缘特征 自适应性

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)10-1978-07

An Adaptive Algorithm for Automatic License Plate Orientation

LI Bo, ZENG Zhi-yuan, ZHOU Jian-zhong

(Digital Engineering and Emulation Research Center, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract An adaptive algorithm for license plate(LP) orientation was proposed. Based on the common features of LP, the vertical edge was first detected. Then, some approaches were adopted to remove adaptively the invalid edge due to the characteristics of vertical texture and edge density, so that the regions with features of LP were preserved. Next, horizontal morphologic operation was conducted to close the candidate regions, and the above method overcomes the problem how the morphologic structure element was adjusted adaptively to the size change of LP. A viewpoint then proposed was that the gray adjustment and color recognition modules could be employed according to actual scene conditions. With abundant samples verified in dark hours and daytime in real conditions, the experiment indicates that it is feasible to adopt this algorithm in LP recognition system to achieve both accuracy and adaptability.

Keywords license plate recognition, license plate orientation, image processing, edge characteristic, adaptability

1 引言

关于车牌识别技术的研究,近年来一直受到研究人员的关注,但由于受自适应性、健壮性、实时性、识别率等因素的影响,真正投入实用的技术还不多,或者往往只是针对一些特定场景的应用。关于车牌区域的定位已有多种方法,其中常见的有:

(1)基于数学形态学的方法^[1],这类算法一般对尺寸变化较小、背景较简单的车牌图像有较好的定位效果,而缺点是结构元素大小和车牌字符的大小存在一定关系,自适应性较差;

(2)基于边缘和纹理特征以及水平灰度跳变特征的方法^[1],这类方法一般速度快,但误检率高。其中也有收效较好的算法,如基于分级边缘间距特征的定位方法^[2];

(3)基于车牌区域色彩和彩色边缘的算法^[3],此类方法一般是先进行颜色模型转换,然后再进行定位,且不受车牌区域大小限制;其缺点是对车牌褪色及背景色干扰、光线改变等情况的识别效果下降,因此单独使用可靠性差;

(4)其他方法,如基于车牌区角特征的方法^[4]、基于小波分析的方法^[5]等。

本文的研究兴趣在于寻求各种场景下自适应好

基金项目:教育部跨世纪优秀人才培养计划基金项目(2003714)

收稿日期:2008-04-11;改回日期:2008-08-18

第一作者简介:李波(1975~),男。现为华中科技大学空间信息科学与技术专业博士生。研究方向为数字图像处理。E-mail:libo_hust@126.com

的车牌定位算法,以克服以往形态学结构元素难以自适应选取的问题,并提出了根据场景的实际情况来判别是否选用灰度调整和颜色识别模块的观点。

2 算法流程

由于车牌区域的基础特征是纵向纹理有规律的排列,因此本文先采用一种改进的 Roberts 算子通过纵向边缘检测来加强纵向纹理特征;然后在此基础上,通过设计若干步骤来去除无效和干扰边缘;接着,本文进行了横向水平形态学运算,使车牌区域形成连通区域;最后基于扫描线种子填充算法进行连通区搜索,以寻找候选区域,并进行判别。

针对实际情况,本文先将灰度调整和颜色判断作为系统的选加模块,然后根据相应的情况判断是否采用。算法流程如图 1 所示。

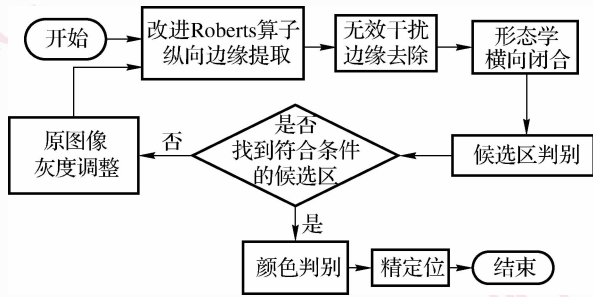


图 1 算法流程图

Fig. 1 The flow chart of arithmetic

3 车牌候选区域生成

3.1 纵向边缘提取

本文的边缘提取是在彩色图像灰度化的基础上进行。很多研究者采用 Sobel 算子来进行边缘提取,但是本文经过实验比较发现,Roberts 算子对车牌图像的处理效果不错,而对噪声加强图像的处理效果则不如其他算子明显,为此,本文对经典的 Roberts 算子进行了改进。

经典的 Roberts 算子可用差分式表示为

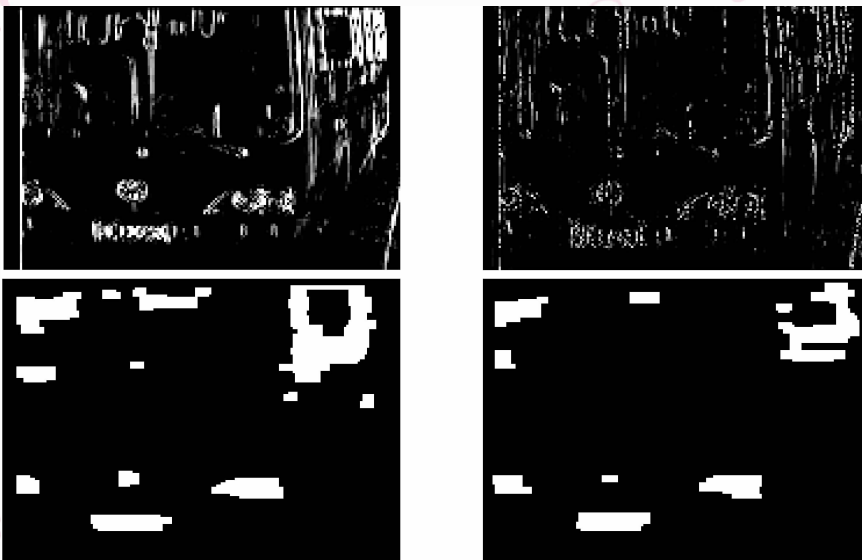
$$g(x,y) = \{ [\sqrt{f(x,y)} - \sqrt{f(x+1,y+1)}]^2 + [\sqrt{f(x,y)} - \sqrt{f(x+1),y+1}]^2 \}^{1/2} \quad (1)$$

其中, $f(x,y)$ 为输入图像。

本文将以上算子改进为纵向边缘检测,并将差值的平方改为差值的立方(见式(2)),这是为了提高边缘的灰度值,因为实验中发现,原来的边缘灰度值过小,不利于后续处理。改进后的计算式为

$$g(x,y) = \{ [\sqrt{f(x,y)} - \sqrt{f(x+1,y)}]^3 + [\sqrt{f(x,y+1)} - \sqrt{f(x+1),y+1}]^3 \}^{1/2} \quad (2)$$

图 2 为分别以 Sobel 算子和改进的 Roberts 算子边缘检测为基础,通过后续处理后形成的连通区的效果对比,由图 2 可见,经改进的 Roberts 算子处理后的干扰连通区要少。



(a) Sobel算子的处理结果

(b) 改进的Roberts算子的处理结果

图 2 Sobel 算子与改进的 Roberts 算子的处理效果对比

Fig. 2 The contrast between the effect of Sobel and Roberts arithmetic operator

3.2 无效与干扰边缘去除

在此基础上,如果直接通过形态学闭合运算来使得车牌区域形成连通区,则由于原图像中含有大量的干扰边缘、无效边缘而产生大量的干扰连通区域,从而增加了后续处理的复杂性。因此,本文利用车牌的纵向纹理、边缘密度等特征,并通过设计相应的步骤来排除干扰和无效边缘,这样就使得少量有效边缘得到保留,从而极大地方便了后续处理。

以往曾有研究者利用车牌区的灰度水平跳变数来定位车牌,虽可以较好地定位出“准车牌”,但是由于定位出的“准车牌”较多,因而给后续准确定位车牌带来了难度。本文采用反向思维,即不利用以上特征来直接定位车牌,而是用其来排除明显不属于“准车牌”的无效和干扰边缘,这样后续定位就会容易得多。

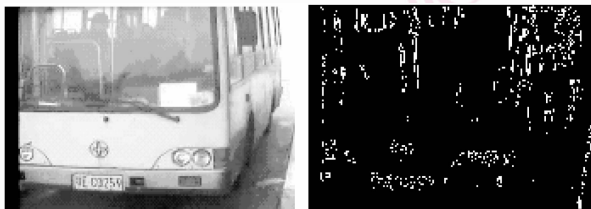
车牌区域有以下纹理和灰度变化特征:

(1) 车牌区的字符与背景存在固定而明显的灰度差范围(如表 1 所示),因此,本文对待处理图像先进行灰度差分运算,然后再进行判断。差分结果如图 3 所示;

表 1 车牌区字符与背景灰度差

Tab. 1 Grayscale difference between characters and background

车牌背景	车牌字符	灰度差
蓝	白	60 ~ 130
黄	黑	60 ~ 200
白	黑	90 ~ 150
白	红	80 ~ 130
黑	白	100 ~ 150



(a) 灰度图 (b) 差分结果

图 3 在边缘检测基础上的差分结果

Fig. 3 The difference result based on edge detection

(2) 车牌区域内的每一扫描行的跳变次数相对稳定,但至少应达到一定变化次数,如果考虑比较极端的情况,如“川 C11111”,则跳变次数也有 18 次;

(3) 车牌区域的灰度投影曲线,有比较明显的“峰-谷”分布特征;

(4) 车牌区域内的边缘点密度稳定,且较大。

对于每个像素点,设其邻域的半径为 R ,该邻域内包含其他边缘点的个数为 N ,圆周率为 π ,则该点的边缘点的密度定义为

$$\rho = \frac{N}{\pi R^2} \quad (3)$$

这里,本文考虑在同一扫描行内,某像素点的左右水平方向邻域内的边缘点密度。

根据以上特征,图像自底向上扫描,对每一扫描行去除无效和干扰边缘的步骤如下:

(1) 如果像素值小于阈值 T_1 ,则置该像素值为 0;

(2) 对图像进行相邻列之间的差分,即

$$D(j) = \begin{cases} 1 & |I(i, j+1) - I(i, j)| > T_2 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

图像差分值之和为

$$C = \sum_{j=0}^{W-1} D(j) \quad (5)$$

其中, $I(i, j)$ 为图像中像素点 (i, j) 的像素值, T_2 为灰度图像差分阈值,如果 C 小于阈值 T_3 ,则将本行像素值置 0;

(3) 取横向线性边缘点的密度模板,从左至右移动,如果模板内边缘点的密度小于阈值 T_4 ,则将模板内左端点的像素值置 0;

(4) 对图像进行第 2 次自底向上的扫描,对每一扫描行,重新计算 $D(j)$ 和 C ,并判断 C 满足阈值要求的连续行的高度 H ,如果 H 小于阈值 T_5 ,则将这些行的像素值置 0。

以上需要确定 5 个阈值。其中比较重要的是 T_2 和 T_4 的确定,对于第 i 行,本文采用如下方法来自适应确定以上两个阈值:

$$\lambda(j) = \begin{cases} 1 & |I(i, j+1) - I(i, j)| > 60 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

$$T_2 = \frac{\sum_{j=0}^{W-1} |I(i, j+1) - I(i, j)| \cdot \lambda(j)}{\sum_{j=0}^{W-1} \lambda(j)} \quad (7)$$

$$S = \sum_{j=0}^{W-1} e(i, j) \quad (8)$$

$$e(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } (i, j) \in \mathbf{E} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (9)$$

$$T_4 = S \cdot \frac{W_{\text{temp}}}{W} + \delta \quad (10)$$

这里,计算 $\lambda(j)$ 时,灰度差取60是考虑到表1的灰度差的统计情况。 $I(i,j)$ 为像素点 (i,j) 的像素值, E 为边缘点集合, S 为第 i 行的边缘点数和, W 为图像的宽度, W_{temp} 为模板宽度。 δ 为固定的正值,由于车牌区的边缘点密度一般比该行的边缘点密度的均值要高,同时为了有效去除车牌区外的干扰边缘点,因此需在每行边缘点密度均值的基础上加上一个调节值 δ 。其余3个阈值较易确定,只需要取各种情况的下限即可,而下限是很容易确定的,例如根据车牌灰度跳变次数的下限,可以将 T_3 定为18左右。经过上述处理,则无效和干扰边缘就大大减少,也突出了车牌区,从而为后续处理提供了便利。

3.3 形态学处理

一般基于数学形态学的检测方法,其结构元素大小的确定,由于要依赖于车牌字符的大小,因而使得结构元素的自适应性较差。当然也有研究者从事过自适应形态学的研究,例如有的研究者根据车牌图像中的灰度极大值和极小值来决定结构元素的大小^[6],但是,这些算法的判断过程在各种复杂背景下,判断效果可能会受影响。

由于经过前一步的处理,已去除了大量的无效和干扰边缘,尤其是车牌附近的干扰边缘,因纹理特征和车牌差异较大,一般都去除了,因此本文对剩下的有效边缘就进行闭合处理,即采用横向1维的闭合处理。设上一步的处理结果图像为 I_1 ,结构元素为 $B_{1 \times n}$ ($B_{1 \times n}$ 为 $1 \times n$ 的结构元素),其形态学处理过程如下:

$$I_2 = I_1 \bullet B_{1 \times n} = (I_1 \oplus B_{1 \times n}) \ominus B_{1 \times n} \quad (11)$$

$$I_3 = I_2 \circ B_{1 \times (n-1)} = (I_2 \ominus B_{1 \times (n-1)}) \oplus B_{1 \times (n-1)} \quad (12)$$

式(11)表示横向闭合。横向闭合运算既可以减少运算的时间复杂度,同时还可以避免扩大纵向的干扰区域。式(12)采用横向尺寸减小后的开运算是为了进一步去除一些较小的干扰区域。

在各种场合下,即使车牌大小变化较大,由于本文采用的是横向1维的结构元素,纵向尺度不变,而横向尺度则可以针对较大图像分辨率来确定,因此这样就能保证所用的图像车牌区域均能在横向上闭合,而且由于车牌左右区域的干扰基本去除了,所以车牌左右区域并不会形成较大的干扰连通域。由此就避免了在各种场合下,随着车牌大小的改变,必须要不断选择大小适合的结构元素的问题。

4 候选区域判别及精定位

经过上面的各项处理,一些类似车牌区域特征的区域就形成了连通区,候选区域形成后,下面就要根据车牌区域的其他特征来进行判别。

判断时,首先进行连通区搜索,本文采用基于扫描线的种子填充算法^[7]来进行连通区搜索。扫描线种子填充算法在任意不间断的扫描线区段中,只取一个种子像素入栈。对于区域内的每一个像素段,由于可以只保留其最右(或最左)端的像素作为种子像素,从而实现了堆栈的一种极小化。设图像的宽为 W ,高为 H ,则扫描线种子填充算法用伪码描述如下:

```

for(i=0; i<H; i++)
for(j=0; j<W; j++)
{ while(栈非空)
{ while(bFill == true)
{ 保留种子像素位置;
//先向左填充
取当前一个像素值;
if(遇到边界)
{ bFill = false;
记下左边界位置;
}
else
{ 将当前像素置为边界值;
更新当前连通区边界信息;
}
同理向右填充,记下右边界;
}
查找下面扫描线,如果有线段未填充,将其右端点入栈;
同理查找上面扫描线;
}
}

```

然后,本文遵循“底部优先”原则,从底向上对各连通域进行判断,判别准则如下:

(1)连通域的绝对高度、宽度必须大于一定阈值;(2)最小外接矩形的宽高比大于2.5:1。当找到一个符合条件的连通域后,则结束。当确定了车牌边界的位置后,则可以向周围适当扩大若干像素,然后进入精定位。

根据车牌的微观边缘特征来进行边界精确定位。由于在车牌区域内,纵向边缘在车牌宽度范围

内,按一定间距呈紧密排列,因此在粗定位确定的区域内,自底向上扫描,如果出现连续行,且满足车牌边缘间距的分布特征,即可确定车牌精确的边界。

5 选加功能模块

一般而言,以上流程就可以取得较好的定位效果,但在某些情况下,还需要选择增加灰度调整和颜色识别模块,才能进行精确定位。如某些情况下,由于光线不足,造成图像像素的灰度偏低,致使边缘检测后车牌区域丢失了,此时则必须进行灰度调整。本文主要采用灰度拉伸的方法进行调整。

而在另一些情况下,由于准车牌区域和车牌区域特征非常相似,通过以上步骤难以区分,因此必须

通过颜色来进一步识别。颜色识别是先通过将 RGB 模型转为 HSV 模型,然后根据由统计规律得到的色彩阈值范围,通过统计候选区中符合车牌背景和字符颜色的像素所占比例来进行筛选。如果把把这些步骤作为必加模块,则在多数情况下,由于前面步骤已经能够正确定位而显得不必要,另外,作为必加模块还会增大处理时间,而且由于颜色判别有一定误差,在有些情况下,颜色判断也难以奏效,所以本文将将其作为选加模块,即根据场合来选用。由于图 4 的纵向纹理丰富,因而通过颜色判别最终就可以排除图像最底部的两个干扰区,进而找到车牌。图中底部矩形框表示强干扰候选区,中部圆角矩形框表示最终判定的车牌区。



(a) 彩色图像



(b) 边缘检测结果



(c) 干扰边缘去除后的图像



(d) 形态学处理后的结果

图 4 颜色判别模块进行定位

Fig. 4 Orientation by color-judgement

6 实验结果与讨论

本文的实验样本主要由实际的交通管理部门提供,分为几组,其实际场合位置、采样时间和分辨率都不同。另外,还有部分样本是从互联网上下载的。

图 5 中,第 1 行样本组的分辨率为 $320 \times$

240 pixels,车牌大小约为 50×15 pixels;第 2 行样本组的分辨率为 768×576 pixels,车牌大小约为 135×60 pixels;第 3 行样本组的分辨率为 320×240 pixels,车牌大小约为 90×20 pixels;第 4 行样本组的分辨率为 768×576 pixels,车牌大小约为 200×60 pixels;第 5 行样本组分辨率为 320×240 pixels,车牌大小约为 60×15 pixels,第 6 行样本组的分辨率为 $720 \times$

576 pixels, 车牌大小约为 120×30 pixels。其中第 1, 2, 5, 6 组是由交通部门实际拍摄的, 第 3, 4 组是从互联网上下载的。第 5 组为夜晚场景。其中粗定

位为从固定大小的控件中缩放输出, 而精定位结果则按实际大小比例显示。



图 5 不同场合的样本实验结果
Fig. 5 Experiment results in different occasions

由实验结果可以看出, 本文算法是切实有效的, 具有较好的自适应性, 既能够适应各种大小的车牌图像, 也基本能够应用于夜晚场合的识别。由实验结果可见, 本文提出的改进 Roberts 纵向边缘提取算法是有效的。对无效干扰边缘进行去除时, 本文边缘点密度模板的宽度取图像宽度的 $1/20$, 本文 3.2 节中的 3 个阈值分别取以下经验值: T_1 取 50, T_3 取 18, T_5 取 5, 将高度小于 5 pixels 的准车牌区排除, 因为如果区域太小, 即使定位成功, 后面也难以识别字符。这 3 个阈值可保持不变。而 T_2, T_4 在不同情

况下则可自适应调整, 其中 T_2 可以通过调节来适应光线的变化。而对于图像分辨率高、车牌较大的样本, 车牌区域所在行的 T_4 较大, 其他情况的 T_4 自适应调节变小, 此时需增加一个 δ 值以更有效地去除车牌区外的干扰边缘点。横向闭合运算的结构元素可针对较大车牌尺寸选取, 选定后不再变化, 即不用再考虑结构元素的自适应性。

本文在对各种场合的大量样本进行统计分析的基础上, 提出了在进行候选车牌区域判别时, 可以采用“底部优先”的原则。如果在自下至上的判断中,

某一个候选区域满足了要求,则搜索结束。实验运行环境为:CPU P4,2 GHz, 512 M 内存,采用 VC++ 6.0 编程。

实验的定位准确率和运行时间如表 2 所示:

表 2 实验结果表
Tab. 2 Experiment results

样本组分辨率	运行时间(s)	样本数	定位率(%)
320 × 240(白天)	0.4	198/200	99
768 × 576(白天)	2.3	195/200	97.5
320 × 240(夜晚)	0.4	41/50	82
720 × 576(白天)	2.1	48/50	96

定位失败的样本是由于经过处理后,连通区过小或有较大断开,没有满足设定的阈值所致。这可以通过进一步优化阈值的选定来解决;另外,也有的是由于夜晚光线不足,经处理后依然检测不到车牌边缘的缘故。对于夜间采样,改善光照条件的收效最明显,而提高采集图像的质量也非常有助于定位效果的改善。

与常规算法相比,本文在 3.2 节基础上,结构元素保持不变。如果没有 3.2 节的无效及干扰边缘去除的处理,则形态学处理结果将很难准确定位车牌(如图 6 所示)。

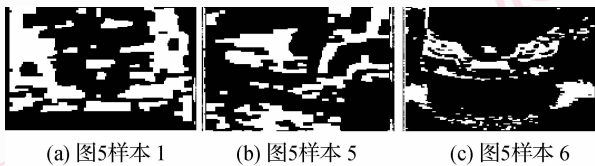


图 6 不去除干扰边缘的处理结果

Fig. 6 Results not removing invalid edge

文献[6]中,在确定自适应结构元素时,由于将重要参数——有效极值点间距离指定为固定的经验值,并没有根据车牌情况进行自适应调节,因而在一定程度上可能影响了结构元素的自适应性。

在实际应用中,如果通过横向形态学处理后,车牌区的连通效果不好,则可以适当将横向 1 维结构元素调大,以改善连通效果。

本文算法满足一定的实时性,但是算法的效率还有待于优化,以减少时间复杂度。例如对于形态学运算可以采用快速算法,而对于扫描线种子填充

算法则需要减少重复扫描次数。本文算法在时间复杂度上尚有较大的优化空间。

7 结 论

本文提出了一种自适应的车牌图像定位方法,有效克服了以往形态学结构元素难以自适应选取的问题;同时提出了根据场景的实际情况来判别选用灰度调整和颜色识别的观点。根据从实际交通部门采集到的几组图片进行的验证表明,该方法对背景复杂、光照不均的情况的车牌图像均能有效处理,尤其对车牌的大小有良好的自适应能力。

本文算法在智能交通系统中具有实用价值。今后,将对算法加以优化,以进一步提高实时性,是本文进一步的研究方向。

参考文献 (References)

- Bai Hong-liang, Liu Chang-ping. A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology [A]. In: Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition [C], Cambridge, UK, 2004: 831-834.
- Wu Zhou-zhou, Li Shu-guang. Real-time license plate detection based on hierarchical distances between neighboring edge points[J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(2): 315-321. [吴舟舟,李树广. 基于分级边缘间距的实时车牌检测[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(2): 315-321.]
- Chang Shyang-lih, Chen Li-shien, Chung Yun-chung, et al. Automatic license plate recognition [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2004, 5(1): 42-53.
- Qin Zhong, Shi Sheng-li, Xu Jian-min, et al. Method of license plate location based on corner feature [A]. In: Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation [C], Dalian, China, 2006: 8645-8649.
- Ning Jin, Tang Yuan Y. Text area localization under complex background using wavelet decomposition [A]. In: Proceedings of the Sixth International Conference on Document Analysis and Recognition [C], Seattle, WA, USA, 2001: 1126-1130.
- Huang Hao-jie, Li Rong, Chang Hong-sen. A method of license plate location based on adaptive gray-scale morphological filtering [J]. Microelectronics & Computer, 2007, 24(4): 95-98. [黄豪杰,李榕,常鸿森. 基于自适应灰度形态学滤波的车牌图像分割[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(4): 95-98.]
- Sun Jia-guang, Yang Chang-gui. Computer Graphics [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1995: 186-187. [孙家广,杨长贵. 计算机图形学[M]. 北京:清华大学出版社, 1995: 186-187.]