

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2017.05.005

基于改进自适应图像分割算法 的车牌识别技术研究^①

刘 智

广西科技大学 网络与现代教育技术中心, 广西 柳州 545006

摘要: 基于 CV(Chan-Vese)模型图像分割方法的不足, 提出了一种改进的自适应图像分割方法, 用于汽车车牌的字符识别. 在这一方法中, 为了避免初始位置差异对于分割效率的影响, 设计了更为合理的分割流程. 水平集合理论配合优化迭代算法, 给出多个局部初值, 大大增强了分割算法的自适应性能. 实验结果表明, 相比于 CV 模型图像分割方法, 改进自适应图像分割方法的准确率更高, 适用于汽车车牌图像的分割.

关键词: 汽车车牌; 字符分割; 模板匹配; 自适应分割

中图分类号: TP391.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)05-0028-06

近 40 年来, 我国经济的发展获得了举世瞩目的成就. 从交通领域上看, 我国也从自行车大国迅速变为汽车大国, 每年汽车保有量更是以惊人的速度递增. 在这种大背景下, 对于汽车车牌的准确和快速识别, 已经成为确保交通安全、打击交通违法、智能车库系统建设等领域的关键所在^[1-2]. 从技术实现流程上看, 汽车车牌识别可以分为车牌图像预处理、图像分割、字符分割、字符识别等环节^[3-5]. 其中, 图像分割的意义在于分离字符区域和背景区域, 为后续的字符识别工作奠定基础. 在这方面的研究工作中, 最早出现了二值化分割、线性灰度分割等方法^[6]. 之后, 考虑到汽车快速运动过程中的车牌图像分割, 基于约束和能量优化的变分分割方法被构建出来^[7]. 变分分割方法的最大优势在于, 对于活动轮廓的分割可以保证理想的连续特征和平滑特征. 在变分分割的这一类方法中, 基于 CV 模型的分割方法是比较成功的一种^[8]. CV 分割方法的原理是将待分割图像看作不连续集合和分片图像单元, 分割过程的结束依赖于停止函数的迭代判断^[9]. 在实际使用中, CV 分割方法也暴露出一个突出的问题, 就是受到初始位置的影响其收敛速度会变慢^[10]. 为此, 本文针对车牌图像分割的实际情况, 对 CV 分割方法进行改进, 提出一种自适应的分割方法, 以抑制初始位置对迭代过程的影响, 提升分割过程的收敛速度. 同时, 配套使用一种基于模板匹配的字符识别方法, 最终完成汽车车牌的字符识别.

1 改进自适应车牌图像分割方法

1.1 基于 CV 模型的图像分割方法

汽车车牌的图像拍摄, 因为拍摄角度不同, 可能会引起字符区域形状、亮度都有所不同. 因此, 建立一种具有自适应性能的分割方法是完成最终字符识别的关键.

本文自适应图像分割方法的构建建立在 CV 图像分割方法的基础之上. 因此, 首先来介绍 CV 图像分割方法.

① 收稿日期: 2016-10-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(61462008); 广西教育厅高校科研项目(LX2014187); 广西柳州市科学研究与技术开发计划项目(2016C050205).

作者简介: 刘 智(1979-), 女, 湖南湘乡人, 硕士, 副教授, 主要从事模式识别与智能系统研究.

在已经出现的大量图像分割算法中，基于 CV 模型的图像分割算法占有重要地位。这种算法根据初始分割曲线内外的能量关系构筑分割模型，并通过不断的迭代更新寻找更加理想的分割位置，分割效果可以达到令人满意的程度。

基于 CV 模型的图像分割算法的基本实现过程如下：

用 J_0 表示一幅图像，如果它被一条闭合曲线 D 分割成 2 个区域，那么这 2 个区域可以分别称作曲线 D 的内部区域和曲线 D 的外部区域，其平均灰度表达分别记作 d_1 和 d_2 。根据 CV 模型，可以通过能量函数对上述关系施加表达，即

$$G(D, d_1, d_2) = \lambda_a \iint |J_0 - d_1|^2 dx dy + \lambda_b \iint |J_0 - d_2|^2 dx dy + \mu L(D) \quad (1)$$

这里， λ_a 表示曲线内部区域能量的权重， λ_b 表示曲线外部区域能量的权重， μ 则代表了对曲线能量进行的平滑处理。

根据水平集理论，对于闭合曲线 D 可以用水平集合下的一个函数 ϑ 来加以表达，对应的公式(1)变为

$$G(\vartheta, d_1, d_2) = \lambda_a \iint |J_0 - d_1|^2 H(\vartheta) dx dy + \lambda_b \iint |J_0 - d_2|^2 (1 - H(\vartheta)) dx dy + \mu \iint \sigma(\vartheta) |\vartheta| dx dy \quad (2)$$

这里， d_1 和 d_2 的表达也会发生变化，即

$$d_1(\vartheta) = \frac{\iint J_0(x, y) H(\vartheta) dx dy}{\iint H(\vartheta) dx dy} \quad (3)$$

$$d_2(\vartheta) = \frac{\iint J_0(x, y) (1 - H(\vartheta)) dx dy}{\iint (1 - H(\vartheta)) dx dy} \quad (4)$$

根据基于 CV 模型的图像分割理论，可以对公式(2)执行一阶的变分处理，即

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vartheta}{\partial t} &= \sigma(\vartheta) \left(\mu \operatorname{div} \left(\frac{\vartheta}{|\vartheta|} \right) \right) - \lambda_a (J_0 - d_1)^2 + \lambda_b (J_0 - d_2)^2 \\ \frac{\sigma(\vartheta)}{|\vartheta|} \frac{\partial \vartheta}{\partial n} &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

依据上述过程，在公式(5)中求取 ϑ 就实现了对图像的分割。经 CV 分割后，图像的前景区域和背景区域可以分别表达为

$$\begin{aligned} J_F &= d_1 \times H(\vartheta) \\ J_B &= d_2 \times (1 - H(\vartheta)) \end{aligned} \quad (6)$$

1.2 本文的自适应改进处理

基于 CV 模型的图像分割方法，其分割效果基本实现了全局最优，但其分割过程也存在一个突出的问题，即分割收敛的速度特别依赖于初始位置，不同的初始位置会导致分割速度较大的差异。

为此，本文对 CV 图像分割方法进行改进，以提升其自适应性能，使之不再受初始位置的影响。具体的改进流程如图 1 所示。

图 1 中的各个步骤详细执行如下：

第一步，给出 $(2^n - 1)$ 个初始参数 P_i ，不同图

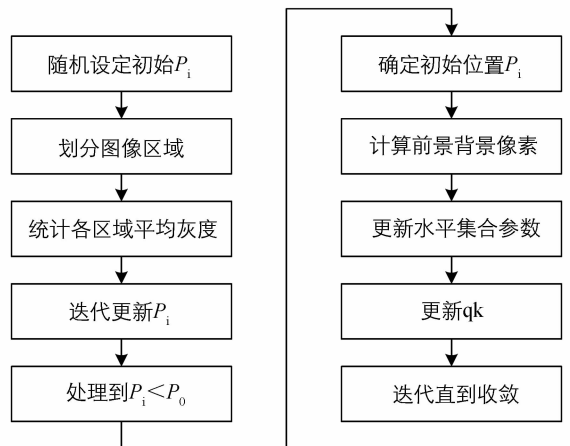


图 1 改进流程

像会因灰度值的不同而得到不同的 P_i .

第二步, 根据这些 P_i 对整个图像平面上的各个像素点执行分类处理, 这样图像平面被分割成 2^n 个区域 A_i .

第三步, 统计各个 A_i 区域中的像素, 进而计算其平均灰度 g_i .

第四步, 根据第三步的结果, 更新 P_i , 具体计算方法是 $P_i = \frac{g_i + g_{i+1}}{2}$.

第五步, 反复执行第二、三、四步, 直到全部的 P_i 小于预先设定的 P_0 .

第六步, 当第五步完全实现时, 记录此时的初始位置水平集合函数 φ_0 .

第七步, 计算前景区域和背景区域的平均像素 $d_i^k = \int \frac{q_d}{|D_i|} dx$.

第八步, 根据第七步的结果更新水平集合函数 $\varphi_i^k = \varphi_i^{k-1} - \Delta t \frac{\partial G}{\partial \varphi_i}(d_i^k, \varphi_i^{k-1})$.

第九步, 逐步更新 $q^k = \sum_{i=1}^{2^n} d_i^k \prod_{j=1}^n S_j(\varphi_j^k)$. 第七步到第九步中有关的更新操作按照 CV 算法执行, 即文中的公式(1)到公式(6).

第十步, 排查是否收敛. 如果没有收敛, 返回第七步继续执行; 如果收敛, 结束迭代过程, 输出此时的分割结果.

2 基于模板匹配的车牌字符识别方法

通过图像分割获得车牌图像中各个独立的字符后, 采用模板匹配技术完成字符识别是一种有效的手段.

模板匹配字符识别算法的基本思路是将汽车车牌上可能出现的字母型字符、数字型字符、汉字型字符分别建立对应的模板图像, 并存放于模板图像数据库中; 然后在已经分割好区域的汽车车牌图像上, 使用数据库中的模板图像逐一进行比对, 采用最相似的比对结果来判断该区域图像为哪一个字符.

模板匹配字符识别算法的基本原理如下:

对于二维图像, 用 $c(x, y)$ 表示要识别的字符图像, 用 $C(x, y)$ 表示字符库中的模板图像. 当执行模板匹配时, 字符图像 $c(x, y)$ 和模板图像 $C(x, y)$ 执行相关处理, 得到的结果可以用 $R(x, y)$ 来表达.

设 2 幅图像的相关变量为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$, 那么相关输出结果 $C(x, y)$ 可以表示为

$$R(x_1 - x_2, y_1 - y_2) = \iint c(x, y) C[x + (x_1 - x_2), y + (y_1 - y_2)] dx dy \quad (7)$$

如果 $x_1 = x_2, y_1 = y_2$, 那么存在

$$R(0, 0) = \iint c(x, y) C(x, y) dx dy \quad (8)$$

如果 $c(x, y) = C(x, y)$, 那么存在

$$R(0, 0) = \iint c(x, y) c(x, y) dx dy \quad (9)$$

上述结果说明, $R(0, 0)$ 表达了待识别字符的自相关函数, 并且有 $R(0, 0) \geq R(x, y)$. 换言之, $R(x, y)$ 会在 $R(0, 0)$ 处出现最大值, 这也是判断待识别字符和数据库模板图像相似的重要依据.

对于函数 $R(x, y)$ 的具体形式, 不同的模板匹配技术采用不同的数学表达. 在本文中, 采取图像块统计特征来表达 $R(x, y)$, 具体为

$$R(x, y) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N C_{xy}(m, n) \times c(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (C_{xy}(m, n))^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (c(m, n))^2}} \quad (10)$$

3 实验结果与分析

为了验证本文所构建的基于 CV 模型的改进自适应图像分割算法对于汽车车牌图像分割处理的有效

性, 以及模板匹配法对于汽车车牌字符识别的有效性, 接下来展开具体的实验研究工作。

在本实验中, 所用计算机的硬件配置为 CPU, 酷睿双核, 单核主频 2.8 GHz; 内存, 8 GB; 硬盘, 500 GB. 计算机的软件配置为 Windows 7.0 操作系统, Visual C++ 软件开发平台. 在汽车车牌字符分割的算法上, 选用了基于 CV 模型的图像分割算法和本文所提出的改进自适应图像分割算法; 在汽车车牌字符识别的算法上, 选用了本文所构建的基于模板匹配的字符识别算法。

根据改进自适应图像分割算法和基于模板匹配的字符识别算法, 构建了汽车车牌的字符分割和字符识别软件 CarCR (Car Character Recognition), 软件界面如图 2 所示。



图 2 汽车字符分割和字符识别软件 CarCR 的界面

如图 2 所示, 左上区域为汽车车牌图像读入区域, 左下区域为汽车车牌图像的分割结果显示区域, 中下区域为汽车车牌图像的字符识别结果, 右侧区域为功能按钮区域, 分别包含了“读入”功能(用于激活读入汽车车牌图像功能)、“定位”功能(用于激活定位汽车车牌位置功能)、“分割”功能(用于激活汽车车牌字符分割功能)、“识别”功能(用于激活汽车车牌字符识别功能)。

当点击“定位”功能按钮时, 汽车车牌的准确位置将被定位出来, 并用黄色框标识; 当点击“分割”功能按钮时, 执行改进自适应图像分割算法区分出前景区域和背景区域, 再用等大小蓝色框标示各个独立字符; 当点击“识别”功能按钮时, 执行基于模板匹配的字符识别算法, 将分割结果中各个独立字符和字符图像库中各幅模板图像进行比较, 完成字符识别。

在字符图像库的模板图像设置上, 分别从数字字符、字母字符、汉字字符 3 类模板. 在数字字符方面, 本文设置了“0”子块图像、“1”子块图像、“2”子块图像、“3”子块图像、“4”子块图像、“5”子块图像、“6”子块图像、“7”子块图像、“8”子块图像、“9”子块图像共 10 幅图像; 在字母字符方面, 本文设置了“A”子块图像、“B”子块图像、“C”子块图像、“D”子块图像、“E”子块图像、“F”子块图像、“G”子块图像、“H”子块图像、“J”子块图像、“K”子块图像、“L”子块图像、“M”子块图像、“N”子块图像、“P”子块图像、“Q”子块图像、“R”子块图像、“S”子块图像、“T”子块图像、“U”子块图像、“V”子块图像、“Z”子块图像; 在汉字字符方面, 本文设置了“皖”子块图像、“京”子块图像、“苏”子块图像等等。

为了便于比较本文方法在汽车车牌图像分割上的性能, 选取 CV 模型分割方法作为参照方法, 2 种方法的分割准确率和分割时间如表 1 所示。

表 1 本文方法与参照方法的性能对比

数量	CV 模型分割方法		改进自适应分割方法	
	准确率/%	时间/s	准确率/%	时间/s
2 幅	100	0.71	100	0.69
4 幅	98.2	0.98	100	0.96
6 幅	96.5	1.23	99.2	1.32
8 幅	93.7	1.66	98.4	1.58
10 幅	91.1	1.85	97.3	1.90
12 幅	88.6	2.24	96.7	2.19
14 幅	87.5	2.58	95.4	2.45
16 幅	85.3	3.03	94.3	3.12
18 幅	83.6	3.61	93.2	3.88
20 幅	82.4	4.17	92.1	4.21

在表 1 中, 分割结果准确率是以字符所在区域的像素灰度取值来判断的.

当参与识别的汽车车牌字符图像为 2 幅时, 基于 CV 模型分割的车牌字符识别算法和基于改进自适应分割的车牌字符识别算法准确率都为 100%, 识别时间分别是 0.71 s 和 0.69 s, 说明 2 种算法在此时的字符识别准确率和字符识别速度相差无几.

当参与识别的汽车车牌字符图像为 4 幅时, 基于 CV 模型分割的车牌字符识别算法和基于改进自适应分割的车牌字符识别算法, 准确率分别为 98.2% 和 100%, 识别时间分别是 0.98 s 和 0.96 s, 这说明虽然 2 种算法在此时的字符识别准确率和字符识别速度相差不大, 但是基于 CV 模型分割的车牌字符识别算法的识别准确率已经开始下降了.

当参与识别的汽车车牌字符图像为 10 幅时, 基于 CV 模型分割的车牌字符识别算法和基于改进自适应分割的车牌字符识别算法, 准确率分别为 91.1% 和 97.3%, 识别时间分别是 1.85 s 和 1.90 s, 这说明 2 种算法在此时的字符识别速度相差不大, 但是基于 CV 模型分割的车牌字符识别算法的识别准确率已经低于本文算法识别准确率 6 个百分点了.

当参与识别的汽车车牌字符图像为 20 幅时, 基于 CV 模型分割的车牌字符识别算法和基于改进自适应分割的车牌字符识别算法, 准确率分别为 82.4% 和 92.1%, 识别时间分别是 4.17 s 和 4.21 s, 这说明 2 种算法在此时的字符识别速度相差不大, 但是基于 CV 模型分割的车牌字符识别算法的识别准确率已经低于本文算法识别准确率 10 个百分点了.

根据表 1 中的比对结果可以看出, 随着分割图像数量的不断增加, 本文所提出的改进自适应分割方法的准确率要明显高于 CV 模型分割方法. 同时, 2 种方法的分割时间相差无几, 综合 2 项结果可以证实, 本文所提出的改进自适应分割方法有效, 为后续的字符识别奠定了基础.

4 结 论

本文针对汽车车牌的字符识别问题, 提出了一种改进自适应图像分割方法, 此方法避免了因初始位置不同所导致的分割效率迥异的问题. 然后, 采用基于模板匹配的字符识别方法, 配合改进自适应图像分割方法完成了汽车车牌的字符识别. 根据这 2 个步骤的核心工作, 设计了汽车车牌字符识别软件, 并展开了具体的实验研究. 研究表明, 改进自适应图像分割方法比 CV 模型图像分割方法具有更高的准确率, 可以满足汽车车牌识别时图像分割处理的需求.

参考文献:

- [1] 王圣男, 郁梅, 蒋刚毅. 智能交通系统中基于视频图像处理的车辆检测与跟踪方法综述 [J]. 计算机应用研究, 2005, 22(9): 9-14.
- [2] 王明. 基于物联网的智能车库无人化远程管理系统的研究 [J]. 技术与市场, 2016, 36(9): 51-52.
- [3] PAPANDREOU G, CHEN L C, MURPHY K, et al. Weakly and Semi-Supervised Learning of a DCNN for Semantic Image Segmentation [J]. Computer Science, 2015, 11(3): 44-48.
- [4] 简献忠, 曹树建, 郭强. SOM 聚类与 Voronoi 图在验证码字符分割中的应用 [J]. 计算机应用研究, 2015, 32(9): 2857-2861.
- [5] KUNTE RSR S R. On-Line Character Recognition for Handwritten Kannada Characters Using Wavelet Features and Neural Classifier [J]. Lete Journal of Research, 2015, 46(5): 387-393.
- [6] 王相海, 王金玲, 方玲玲. 灰度差能量函数引导的图像分割自适应 CV 模型 [J]. 模式识别与人工智能, 2015, 26(3): 214-222.
- [7] MALATHI K, NEDUNCHELIAN R. An Efficient Method to Detect Diabetic Retinopathy Using Gaussian Bilateral and Haar Filters with Threshold Based Image Segmentation [J]. Research Journal of Applied Sciences Engineering & Technology, 2014, 8(11): 1389-1395.
- [8] DAM E B, LILLHOLM M, MARQUES J, et al. Automatic Segmentation of High and Low Field Knee MRIs Using

- Knee Image Quantification with Data from the Osteoarthritis Initiative [J]. *Journal of Medical Imaging*, 2015, 2(2): 111–120.
- [9] 王万玉, 杨建功, 汪西莉. 融合形状先验的向量 CV 模型图像分割算法 [J]. *计算机工程与应用*, 2014, 50(15): 140–144.
- [10] BALARDIN J B, SATO J R, VIEIRA G, et al. Relationship Between Surface Based Brain Morphometric Measures and Intelligence in Autism Spectrum Disorders: Influence of History of Language Delay [J]. *Autism Research*, 2015, 8(5): 556–566.

Research on License Plate Recognition Technology Based on Improved Adaptive Image Segmentation Algorithm

LIU Zhi

Network and Modern Education Technology Center, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou Guangxi 545006, China

Abstract: An improved adaptive image segmentation method based on CV model is proposed, which is applied to the character recognition of vehicle license plate. In this method, in order to avoid the influence of the initial position difference on the segmentation efficiency, a more reasonable segmentation process is designed. The level set theory is combined with the optimal iterative algorithm, which gives a number of local initial values, which greatly enhances the performance of the segmentation algorithm. The experimental results show that compared with the CV model image segmentation method, the improved adaptive image segmentation method is more accurate and suitable for the segmentation of vehicle license plate image.

Key words: vehicle license plate; character segmentation; template matching; adaptive segmentation

责任编辑 夏 娟