

文章编号: 1673-9868(2013)04-0167-06

# 基于改进模板匹配的限速标志识别方法研究<sup>①</sup>

冯春贵<sup>1</sup>, 祝诗平<sup>1</sup>, 王海军<sup>1,2</sup>, 贺园园<sup>1</sup>

1. 西南大学 工程技术学院, 重庆 400716; 2. 重庆能源职业学院 能源工程系, 重庆 400041

**摘要:** 限速标志的识别是智能交通系统的重要环节. 模板匹配法在目前的交通标志识别领域中应用比较广泛, 传统的模板匹配法对于限速标志的识别容易出现拒识和误识的问题, 正确识别率不高. 将改进模板匹配算法应用于限速标志的识别中, 将限速标志字符的直观形象抽取特征, 并结合边缘模板匹配, 对限速标志进行识别, 并在 Visual C++ 6.0 环境下开发了限速牌识别软件系统. 实验结果表明, 基于改进模板匹配算法较传统模板匹配算法对限速标志的识别正确率有较大提高, 识别率由 80.95% 提高到 95.24%.

**关键词:** 限速标志; 标志识别; 模板匹配; 字符特征; 边缘提取

**中图分类号:** TP391

**文献标志码:** A

随着我国汽车工业和公路交通事业的迅速发展, 随之带来了诸如道路拥挤, 车辆堵塞等社会问题, 为了更好地解决这些问题, 智能交通系统应运而生, 并迅速发展起来. 基于图像检测与处理技术的车载视觉系统是智能交通系统研究的一个重要子系统, 交通限速标志的检测和识别则是其中的一个重要组成部分, 它能够及时提示驾驶环境中的潜在危险和道路限速值, 避免交通违章和事故的发生, 所以说对交通限速标志进行识别具有重要的意义. 近年来, 很多研究人员对交通限速标志的识别进行了研究<sup>[1-6]</sup>, 采用的识别算法主要是模板匹配和神经网络识别. S. Estable 等人利用训练好的统计分类器对限速标志的统计图进行了识别, 识别率为 85.5%; J. Miura 等人利用模板匹配识别算法进行了限速标志识别研究, 识别率较低; 万雅俊利用模板匹配算法对限速标志进行了识别研究, 未给出识别率; 刘旭东利用 BP 神经网络对限速标志进行了识别, 识别率为 90%. 传统的模板匹配识别技术<sup>[3]</sup>简单快捷, 但是对于断裂和粘连笔画容易识别错误, 导致正确率和适用性不高, 鲁棒性不够理想. 神经网络识别技术具有自适应性好, 分辨率高等优点, 但是由于所要优化的目标函数又非常复杂, 容易出现“局部最小点”问题, 使算法速度变慢; 同时, 新加入的样本又会对已学习成功的网络有影响<sup>[4]</sup>. 本文将改进模板匹配算法应用于限速标志的识别中, 将字符特征和提取边缘模板相结合, 可以对限速标志进行准确和有效地识别, 并在一定程度上提高了识别率.

## 1 模板匹配的原理

在交通标志识别领域, 模板匹配是目前应用比较广泛的一种方法, 它的原理比较简单, 就是将事先建立好的模板放在待搜索图像中作平移, 在平移过程中, 不断计算模板和待搜索图像的相似程度来检测目标图像<sup>[7]</sup>. 根据建模时不同的特征提取, 模板匹配法可以分为几何特征抽取、图形匹配、笔画分析等形式. 通

<sup>①</sup> 收稿日期: 2012-03-12

基金项目: 国家大学生创新性实验计划(091063545).

作者简介: 冯春贵(1987-), 男, 广西玉林人, 硕士研究生, 主要从事智能检测与控制方面的研究.

通信作者: 祝诗平, 博士, 教授, 博士生导师.

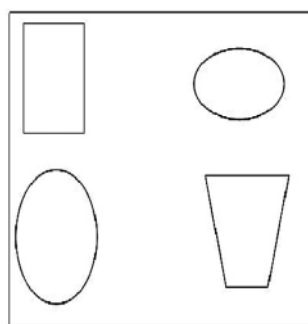
常采用的是图形匹配法,在建模和匹配比较的过程中,以基于字符的图形块来进行匹配,识别结果由相似程度来判定<sup>[8]</sup>.

在进行限速标志特征提取前,先找到每个样本的起始位置并搜索出该样本的长度和宽度,然后将得到的每个样本的长度和宽度并分成 8 等份,从而得到一个  $8 \times 8$  的模板,最后统计每一小区域内的黑像素个数并除以该小区域的面积总数.在模板匹配过程中度量输入模式和样本之间的某种相似性,并将相似性最大者归为输入模式的类别.匹配时,最重要的是确定与搜索区域相关性最大的位置.由于受到噪声干扰、灰度变化等因素的影响,经常会产生一些伪相关峰妨碍了最佳匹配位置的判定.在图 1(a)中,被搜索图中有若干目标,要寻找模板(b)图所示的目标图像.如果在被搜索图中有和模板一样尺寸、方向的目标,就可以直接通过相关函数的计算找到它并确定其在被搜索图中的位置.

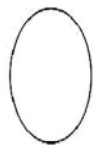
假设把模板  $T$  在被搜索图  $S$  上叠放,然后将其平移,子图  $S^{i,j}$  就是模板覆盖下的那块搜索图,并取  $S$  图中的坐标  $i, j$  作为参考点.由图 2 可以得到  $i, j$  的取值范围是<sup>[7]</sup>:

$$1 < i, j < N - M + 1 \quad (1)$$

式中:  $M$  为模板长度,  $N$  为被搜索图长度.

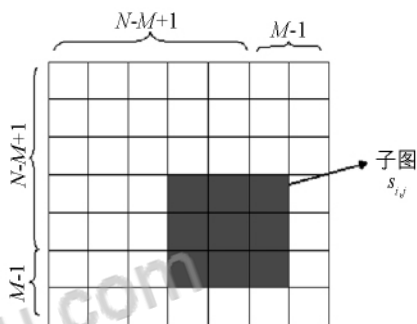


(a) 被搜索图

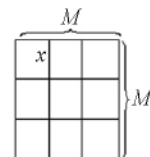


(b) 模板

图 1 被搜索图与模板



(a) 被搜索图



(b) 模板

图 2 模板在被搜索图上平移示意图

然后,比较模板  $T$  和子图  $S^{i,j}$  的内容,当两者内容相同时,  $T$  和  $S^{i,j}$  之差为零.为了衡量  $T$  和  $S^{i,j}$  的相似程度,可以使用以下两种测度之一来衡量:

$$D(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n) - T(m, n)]^2 \quad (2)$$

或者:

$$D(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M |S^{i,j}(m, n) - T(m, n)| \quad (3)$$

将式(2)展开后可得

$$D(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n)]^2 - \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [2 \cdot S^{i,j}(m, n) \cdot T(m, n)] + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [T(m, n)]^2 \quad (4)$$

式中:右边第三项为一个常数,与  $(i, j)$  无关,表示模板的总能量;第一项为模板覆盖下子图的能量,随  $(i, j)$  的位置改变而改变;第二项为模板和子图的相关度,也随  $(i, j)$  的位置改变而改变.为了测试  $T$  和  $S^{i,j}$  匹配时的最佳取值点,要用到以下相关函数作相似性测度,公式为

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n) \cdot T(m, n)]}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n)]^2} \quad (5)$$

接着,要对其进行图像归一化处理.为了消除其他变换函数对图像变换的影响,可以利用图像的不变矩寻找一组参数来把待处理的原始图像转换成相应的唯一标准形式,并且该标准形式在仿射变换等过程中具有

不变特性. 在归一化图像处理过程中, 图像的对比度并没有改变. 一般地, 基于矩的图像归一化主要包括坐标中心化、x-shearing 归一化、缩放归一化和旋转归一化这4个过程. 图像归一化可以避免几何变换过程中对图像的影响, 从而确定图像中的不变量, 并分辨出图像所属的类别和系列<sup>[9]</sup>. 将式(5)归一化变为:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n) \cdot T(m, n)]}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n)]^2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [T(m, n)]^2} \quad (6)$$

由柯西-施瓦兹不等式可知, 式(6)中  $0 < R(i, j) < 1$ , 当且仅当比值  $\frac{S^{i,j}(m, n)}{T(m, n)}$  为常数时有极大值为 1.

## 2 字符特征描述识别原理

在进行限速标志识别时, 有时会出现限速牌字符笔画断裂或是模糊不清的情况, 如果只是用模板匹配的方法来识别可能会出现拒识或是误识的情况. 通过分析限速标志数字字符的结构特点, 可以分为两类: 有封闭环和无封闭环. 如单封闭环的数字“4”和“6”, 在抽取右边的竖笔画时, 如果有就识别为“4”, 否则, 就认为是“6”. 又如无封闭环的数字“2”、“3”和“7”, “2”的横笔画在下部而“3”和“7”的横笔画在上部, 由此可以识别数字“2”; 识别“3”和“7”时, 只需要抽取斜笔画, 有的就是“7”, 没有就识别为“3”. 这种识别方法是根据数字字符的结构特征来逼近识别, 不用建立样品库, 对限速标志的数字字符具有一定的识别效果<sup>[10]</sup>.

## 3 提取边缘模板匹配法

如果在识别过程中识别不出限速牌里面的字符, 就说明没有与之相匹配的模板, 此时很有可能是限速牌字符受到损坏或是拍摄过程中被障碍物阻挡等造成的. 但是, 字符的边缘信息总会有所保留. 应用 Canny 算子对边缘部分进行提取, 它受到噪声的干扰较小, 对弱边缘的检测具有很好的效果, 它对强边缘和弱边缘的检测采用的是两种不同的阈值, 只有二者相连时, 弱边缘才会被包含在输出图像中<sup>[10]</sup>. 所以说, 根据限速牌字符的边缘信息, 提取字符的边缘模板来进行识别, 可以在一定程度上提高限速标志的识别率.

## 4 改进模板匹配原理

针对交通限速标志的特定形式, 同时考虑到一些限速牌受污染(如光照, 拍摄角度等)比较严重, 使得识别率相对降低. 本文将改进模板匹配算法应用于限速标志的识别中, 将限速标志字符的直观形象抽取特征, 并结合边缘模板匹配, 对限速标志进行识别.

改进模板匹配算法流程如图3所示.

改进模板匹配识别算法原理为:

1) 对分割好的限速标志字符要先进行图像预处理, 主要包括: 把字符灰度化、二值化、归一化、还要统一字符的像素大小.

2) 由未知模式的位置信息确定匹配模板库, 还要设置匹配阈值.

3) 找到最佳匹配个数, 记  $P$  为标准模式的匹配度大于给定匹配度阈值的个数.

4) 匹配图像归一化后的限速标志字符, 假如  $P=1$ , 则匹配成功, 且结果唯一, 输出字符; 假如  $P=0$ ,

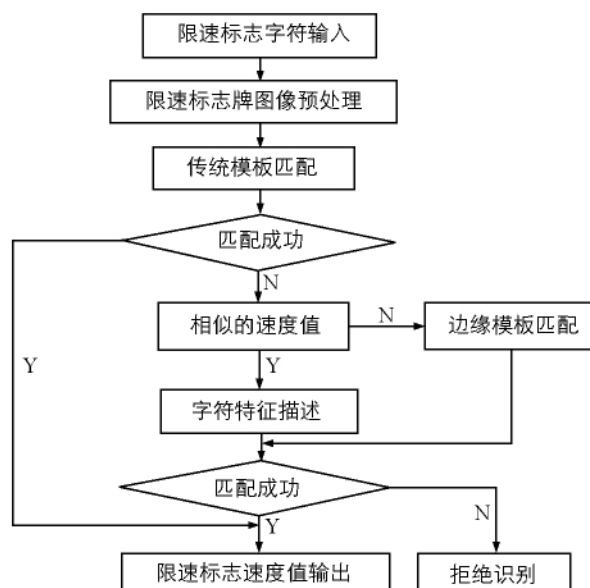


图3 限速标志改进模板匹配识别算法流程图

则说明匹配的字符可能存在严重的磨损或是噪声干扰,此时需要对其采用提取边缘模板法来匹配;假如  $P > 1$ , 表明匹配结果可能有多,存在相似字符的干扰,此时需要采用字符特征描述法来再次识别。

## 5 限速牌识别系统的设计

交通限速标志通常位于道路的一侧或是车道的上部,具有特定的形状和醒目的颜色,能够给自动检测和识别带来便利<sup>[11]</sup>。但是,由于交通限速标志是处于较为复杂的室外环境,如(光照强度变化的影响,限速标志长期暴露在外而褪色,拍摄角度倾斜或树叶遮挡等)都会给限速标志的自动识别带来影响。基于上述原因,在实际的系统设计中要充分考虑到这些因素,使系统具有一定的适应性来处理不同环境下的图像,能够准确识别限速标志并输出相应的速度值。整个系统的构成主要分为三大部分,如图 4 所示。

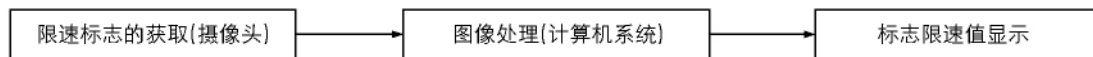


图 4 限速标志识别系统框图

系统的第一部分是用数字摄像头来采集限速标志图像,系统的第二部分主要用于图像处理,是整个系统的关键部分,计算机系统采用的是笔记本电脑,用于图像处理,完成对限速标志的识别,系统的第三部分主要是显示识别出来的限速标志速度值。

系统采用的是 Visual C++ 6.0 的编程环境,编写了改进模板匹配限速牌识别自动监测系统工作界面,系统工作界面如图 5 所示。

系统工作界面主要由四部分组成:

第一部分包括视频图像的输入、暂停以及退出工作状态。

第二部分是中间的黑色区域部分,显示输入的視頻信息。

第三部分是接收数据部分,能够把检测识别到的“限速牌数据”显示出来。

第四部分是“时间”:显示当前系统工作的时间。



图 5 限速牌识别软件系统工作界面

## 6 实验与结果分析

实验地点选取的是重庆某高速公路路段及城区街道,对 5,20,30,40,60,80,100 km/h 每种限速均选取了 6 个限速牌进行现场识别测试。识别算法分别采取传统模板匹配和改进模板匹配方法。图 6 所示为基于传统模板匹配和基于改进模板匹配对某 80 km/h 的限速牌识别结果,(a)图错误地识别为 60 km/h,(b)图识别正确。

表 1 所示为基于传统模板匹配的限速牌识别结果。6 个 5 km/h 的限速牌有 1 个无法识别,6 个 20 km/h 的限速牌有 1 个被错误地识别为 70 km/h,6 个 30 km/h 的限速牌有 1 个无法识别,6 个 40 km/h 的限速牌有 1 个被错误地识别为 60 km/h,6 个 60 km/h 的限速牌有 2 个被错误地识别为 80 km/h,6 个 80 km/h 的限速牌有 1 个被错误地识别为 60 km/h,还有一个无法识别,6 个 100 km/h 的限速牌全部识别正确,总体识别率为  $(42-8)/42=80.95\%$ 。识别出错原因可能是算法自身局限性,拍摄角度倾斜、限速牌褪色以及轻微的损坏等。

表 2 所示为基于改进模板匹配的限速牌识别结果。6 个 5,20,30,40,80,100 km/h 的限速牌全部识别正确;6 个 60 km/h 的限速牌有 1 个被错误地识别为 80 km/h;6 个 80 km/h 的限速牌有 1 个无法识别,总体识别率为  $(42-2)/42=95.24\%$ 。识别出错原因可能是光照和拍摄角度倾斜,限速牌褪色和轻微损坏造成的。

表 1 基于传统模板匹配的限速牌识别结果

限速牌限速值	原图数量	识别正误个数	识别结果
5 km/h	6	5	5 km/h
		1	无法识别
20 km/h	6	5	20 km/h
		1	70 km/h
30 km/h	6	5	30 km/h
		1	无法识别
40 km/h	6	5	40 km/h
		1	60 km/h
60 km/h	6	4	60 km/h
		2	80 km/h
80 km/h	6	4	80 km/h
		1	60 km/h
		1	无法识别
100 km/h	6	6	100 km/h



(a) 传统模板匹配算法对80 km/h的识别结果



(b) 改进模板匹配算法对80 km/h的识别结果

图 6 传统模板匹配算法和改进模板匹配算法对 80 km/h 的识别结果

表 2 基于改进模板匹配的限速牌识别结果

限速牌限速值	原图数量	识别正误数量	识别结果
5 km/h	6	6	5 km/h
20 km/h	6	6	20 km/h
30 km/h	6	6	30 km/h
40 km/h	6	6	40 km/h
60 km/h	6	5	60 km/h
		1	80 km/h
80 km/h	6	5	80 km/h
		1	无法识别
100 km/h	6	6	100 km/h

由此表明，基于改进模板匹配算法较传统模板匹配算法对限速标志的识别率有较大提高，识别率由 80.95% 提高到 95.24%。

## 7 结 论

本文将改进模板匹配算法应用于限速标志的识别中,在一定程度上提高了限速标志的识别率,具有较高的准确性.实验过程是在晴朗天气下进行,没有涉及到雨雪天气.今后的研究重点将侧重于系统在不同的天气环境、汽车抖动性,拍摄角度变化等情况来提高系统的稳定性、可靠性和准确性.

### 参考文献:

- [1] ESTABLE S, SCHICK J, STEIN F, et al. A Real-Time Traffic Sign Recognition System [C]. Washington, USA: Proceedings of Intelligent Vehicles 94 Symposium, October. 24—26, 1994: 213—218.
- [2] MIURA J, KANDA T, SHIRAI Y. An Active Vision System for Real-Time Traffic Sign Recognition [C]. Miami, USA: IEEE Intelligent Transportation Systems, June. 12—14, 2000: 52—57.
- [3] 万雅俊. 动态限速标志识别技术研究 [D]. 广州: 中山大学, 2009.
- [4] 刘旭东. 高速公路限速标志检测与识别技术研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2009.
- [5] 黄彬彬, 赵久奋, 彭会釜, 等. 基于 Logistic 回归的识别算法适应性研究 [J]. 四川兵工学报, 2011(10): 131—133.
- [6] 王海军. 基于机器视觉的限速牌自动识别系统 [D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [7] 秦 鹏. 驾驶行为评测系统中限速标志识别方法的研究 [D]. 大连: 大连海事大学, 2010.
- [8] 杨枝灵, 王 开, 张立科, 等. Visual C++ 数字图像获取、处理及实践应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003: 573—575.
- [8] 郑 义, 蒋刚毅. 形状的几何特征数值描述与交通标志的识别 [J]. 信息与控制, 1997, 26(1): 73—80.
- [9] 邹明明, 卢 迪. 基于改进型模板匹配的车牌字符识别算法实现 [J]. 国外电子测量技术, 2010, 29(1): 59—61.
- [10] ZHU S D, ZHANG Y, LU X F. Detection for Triangle Traffic Sign Based on Neural Network [C]. Beijing, China: IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, October. 6—8, 2005: 25—28.

## On Identification of Speed-Limit Signs Based on Modified Template Match

FENG Chun-gui<sup>1</sup>, ZHU Shi-ping<sup>1</sup>, WANG Hai-ju<sup>1,2</sup>, HE Yuan-yuan<sup>1</sup>

1. College of Engineering and Technology, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Department of Energy Engineering, Chongqing energy Career Academy, Chongqing 400041, China

**Abstract:** Identification of speed-limit signs is an important part of intelligent transportation systems. Template matching traffic sign identification is rather extensive in the current field of application. The traditional template matching identification of speed-limit sign is easy to error and to rejection. The correct identification rate is low. This will identify the speed-limit signs by means of the improved template matching algorithm, and the speed limit signs will be taking the character of the visual image features, combined with the edge of the template matching, to identify the speed-limit signs, and to develop software system of identifying speed-limit signs in Visual C++6.0 environment. Experimental results show that the improved template matching algorithm is better than the traditional template matching algorithm in identification of speed-limit signs, the identifying rate is improved from 80.95% to 95.24%.

**Key words:** speed-limit sign; sign identification; template match; character feature; edge extracting

责任编辑 汤振金



论文写作，论文降重，  
论文格式排版，论文发表，  
专业硕博团队，十年论文服务经验



SCI期刊发表，论文润色，  
英文翻译，提供全流程发表支持  
全程美籍资深编辑顾问贴心服务

免费论文查重：<http://free.paperyy.com>

3亿免费文献下载：<http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重：[http://www.paperyy.com/reduce\\_repetition](http://www.paperyy.com/reduce_repetition)

PPT免费模版下载：<http://ppt.ixueshu.com>

---

### 阅读此文的还阅读了：

- [1. 基于模板匹配和神经网络的车牌字符识别方法](#)
- [2. 模板工程的重要性及工艺改进探讨](#)
- [3. 沙钢棒材生产线三切分新工艺调试全线贯通](#)
- [4. 微波砷化镓功率场效应晶体管匹配电路研究](#)
- [5. 关于提高预制边跨模板使用效率施工方法的选择研究](#)
- [6. 基于模板匹配和特征点匹配相结合的快速车牌识别方法](#)
- [7. 对标准条文“假开剪后各段布都应当是一等品”之我见](#)
- [8. 基于模板匹配算法的字符识别研究](#)
- [9. 小型桥梁施工模板的改进](#)
- [10. 基于SSE2的模板匹配并行算法改进](#)
- [11. KM\\_\(70\)型煤炭漏斗车适应翻车机作业改进设计](#)
- [12. 基于改进模板匹配的限速标志识别方法研究](#)
- [13. 一种基于模板匹配的人民币纸币面额识别方法](#)
- [14. 一种基于笔画重要特征的成对字符识别](#)
- [15. 交通部公路工程优质工程奖:江苏广靖、锡澄高速公路监控、通信、收费系统](#)
- [16. 基于模板匹配和神经网络的车牌字符识别方法](#)

17. 基于模板匹配的舰船螺旋桨叶片数识别方法
18. 基于非张量积小波的大范围图像匹配方法
19. 基于模板匹配的前视红外目标识别方法
20. S493高速增压柴油机性能及与增压器匹配的分析
21. 一种基于模板匹配的数字仪表字符识别方法
22. 一种基于模板匹配的汽车牌照识别方法
23. 一种改进的灰度匹配新算法
24. 倾子资料的特征及应用
25. 基于模板匹配和SVM的草图符号自适应识别方法
26. 基于LK光流的模板匹配算法的研究与改进
27. 地理标志产品标准体系的研究
28. T815,T815—2汽车发动机及驾驶室国产化匹配研究
29. 钢筋砼电缆沟和场桥跑道梁施工模板改进措施
30. 附着式三角架施工冷却塔的技术改进
31. 基于模板匹配的多目标水稻灯诱害虫识别方法的研究
32. 一种改进的基于模板匹配的集装箱字符识别方法
33. 基于免疫原理的宏病毒防护模型的研究
34. 一种基于改进模板匹配方法的车牌字符识别研究
35. DJ-120电解印字机的改进
36. 基于图像序列的指纹识别算法
37. 基于改进模板匹配的在线钢坯标号识别方法
38. 基于模板匹配和神经网络的交通标志识别研究
39. 基于模板匹配的选票图像识别研究
40. 一种基于模板匹配的数字仪表字符识别方法
41. 钢筋混凝土结构水池池壁模板拉杆的改进
42. 一种基于几何特征的改进模板匹配算法
43. 一种基于可变限界盒的指纹匹配算法
44. 复杂背景下运动目标跟踪技术
45. 基于模板匹配的手写体字符识别方法
46. 一种基于模板匹配的目标识别方法
47. 一种基于可变限界盒的指纹匹配算法
48. T815、T815-2汽车发动机及驾驶室国产化匹配研究
49. 基于二次匹配的指纹识别方法的研究
50. 模板研究发展与展望