

文章编号:1005-0523(2018)01-0069-06

# 基于支持向量机的低能见度前车识别研究

徐鹏,王泽华

(淮海大学土木与交通学院,江苏南京 210098)

**摘要:**复杂气象条件环境是造成交通事故高发的重要原因之一,驾驶员视觉无法在复杂气象条件造成的低能见度环境中快速有效识别前方车辆,而机器视觉在克服生物视觉易受干扰的基础上,还保留了高效的延续性和稳定性等特点,挑选驾驶经验丰富且精神状态良好的驾驶员对采集的低能见度车辆前方样本图片进行分类,并使之成为训练样本。然后在 MATLAB2016b 版本上利用 LIBSVM 工具箱建立基于支持向量机的模拟驾驶员分类识别模型,最后使用测试样本验证其识别率,仿真分类模型识别结果表明,识别率达到 90%以上。

**关键词:**机器视觉;神经网络;支持向量机;分类识别模型

**中图分类号:**U491

**文献标志码:**A

驾驶员驾驶车辆行驶所需的环境信息中,80%的信息都是通过直观视觉得到的<sup>[1]</sup>,大部分交通信息也是通过视觉表现传至驾驶员,开阔的视野和充足的行车视距是车辆安全行驶的保证。但是,人类视觉属于生物视觉范畴,容易受到环境变化、自身疲劳等影响,在复杂恶劣气象条件造成的低能见度环境下,驾驶员对前方车辆目标的识别率降低,带来安全隐患。而机器视觉因为其稳定性以及无疲劳性的特点,有望代替驾驶员视觉,提高行车安全性。

基于神经网络的图像识别技术是 21 世纪智能化交通研究内容的重点,国外车辆公司和学者等已开始将图像识别的技术应用于实际。如奔驰公司和 Von Seelen 的团队建立了基于视觉的车辆导航系统<sup>[2]</sup>;1992年,Thomas Zielke 提出了基于雷达和图像识别的车辆检测方法<sup>[3]</sup>。国内在此方面研究也呈现井喷式发展,东南大学顾宇枫以 Andriod 开发平台为技术手段,设计了基于图像识别的防碰撞系统<sup>[4]</sup>;除此之外,吉林大学顾柏园<sup>[5]</sup>和辽宁工业大学杨亚男<sup>[6]</sup>等都各自设计了基于机器视觉的车辆安全行驶系统。

机动车辆一般都行驶在一个较为复杂的交通环境中,驾驶员视觉容易受到多种因素影响。复杂气象天气包括降雨、降雪、雾霾等,经常造成能见度降低,影响驾驶员视觉判断,而以上学者都以理想条件为研究基础,未考虑到复杂光线环境,鉴于此,本文重点以机器视觉为基础,研究低能见度下的前方车辆识别模型。

## 1 低能见度环境及驾驶员视觉局限性分析

### 1.1 复杂气象条件影响能见度分析

能见度是指受到复杂气象条件影响,人眼能够辨识前方目标物的距离,主要和光学特性、视觉特性以及大气透明度有关。大气消光系数指电磁波辐射在大气中传播单位距离时的相对衰减率,是能见度判定的重要参数,而降雨、降雪和雾霾等复杂天气主要通过增加大气消光系数而影响能见度。

降雨是自然界常见气象之一,雨滴直径多数在 10  $\mu\text{m}$  以上,远大于可见光波长,根据折射原理,在空气中较均匀分布的雨粒子会较大程度折射可见光电磁波,改变消光系数,降低能见度。不同于雨粒子,雪粒子形状变化复杂,有雪、米雪、雪丸和霰等,直径变化范围大,对光线的作用主要以折射和散射为主,但因为其复

收稿日期:2017-06-02

基金项目:江苏省自然科学基金项目(BK2015021306)

作者简介:徐鹏(1968—),男,副教授,博士,研究方向为智能交通。

杂的可变性,消光系数难以用数学方法计算分析。学者研究认为,能见度随着降水量的增加呈现指数函数降低的趋势,其中在低降水量至中等降水量阶段变化明显,中等降水量以上变化逐渐放缓<sup>[7-8]</sup>。

雾霾是雾和霾的组词,雾主要由空气中漂浮的微小水滴和冰晶组成,对光线的作用主要为折射和散射,而霾的主要成分为灰尘、硫酸、硝酸等组成的气溶胶系统。尽管雾和霾的成分构成和形成机理本质不同,但从视觉效果的角度分析,雾和霾都对光线有阻碍和消散作用<sup>[9]</sup>。

## 1.2 驾驶员视觉局限性分析

驾驶员视觉是指外界光线对驾驶员视觉系统刺激,并形成特定的生理反应。驾驶员所获取的交通信息,95%的信息来自视觉,良好的视觉特性是保证车辆安全行驶的前提,但是从动视觉、疲劳度和受干扰性等角度考虑,驾驶员视觉也存在较多局限性<sup>[10]</sup>。

首先,车辆行驶时,驾驶员视觉主要以动态视觉为主,并且处于快速变化状态,大量视觉信息在驾驶员视野范围内停留时间缩短,引起驾驶员视锐度降低、视野变窄、观察能力和应变能力降低等变化,严重影响驾驶员信息判断能力。其次,Bartlett认为当人体在不舒适的环境中时间过长时,就会处于疲劳状态,是一种累积的过程,驾驶员长时间保持驾驶车辆状态后,即会形成疲劳驾驶<sup>[11]</sup>。最后,疲劳和复杂环境等会引起驾驶员注意力分散,反应时间延长,交通信息捕捉不足等,极大影响车辆行驶安全性<sup>[12]</sup>。

## 2 基于支持向量机图像分类模型

数字图像处理包括图像的变换、图像增强、图像复原、图像分割、图像编辑、图像匹配、图像压缩等。基于神经网络的数字图像处理系统能模拟生物神经网络对图像的判断机理,所以其应用于交通安全领域能够辅助增强驾驶员判断能力,简化驾驶员操作程序,提高行车安全性。

支持向量机(support vector machine,SVM)学习模型是Cortes和Vapnik于1995年提出的,区别于其他神经学习网络,支持向量机神经学习网络在解决小样本、非线性及高维模式识别中表现出较多特有的优点,具有通用性强、鲁棒性较好、有效性和计算简单等特点。支持向量机核心算法是建立在统计学习理论的VC维理论和结构风险最小原理基础上,根据数量有限的样本,从模型的复杂程度和学习力度两个主要内容中寻求较好的泛化能力<sup>[13]</sup>。支持向量机的体系结构如图1所示。

其中 $K$ 为核函数,主要类型有线性核函数、多项式核函数、径向基核函数和两层感知器核函数。SVM的实质是寻找最优化的分类超平面<sup>[14]</sup>,如图2所示。

此超平面能够较好分别数据类型的最优超平面,在此过程中,主要步骤即为构建核函数及其最优参数和惩罚函数。

除了二分类支持向量机,还有可以处理多种分类问题的多分类器,常见构造SVM多分类器的方法主要有直接法和间接法,间接法又有一对多和一对一两种<sup>[15]</sup>。

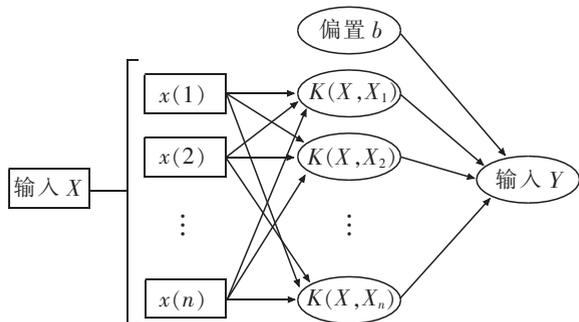


图1 支持向量机结构网络图

Fig.1 The structure network diagram of support vector machine

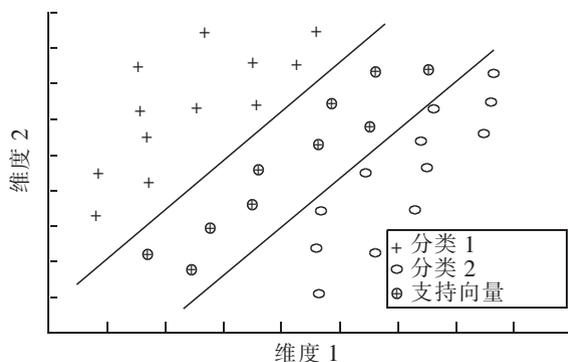


图2 支持向量机二维分类超平面

Fig.2 Two-dimensional classification hyperplane of support vector machine

### 3 低能见度环境视前车识别模型建立

低能见度前车识别模型建立包括样本采集、图像预处理、模型建立和模型验证等,流程图如图 3。

#### 3.1 SVM 样本集

不同驾龄、不同年龄、不同性别的驾驶员,以及相同驾驶员在不同精神状态和不同时间段的判别能力都会有差异,为使前车识别模型在最佳训练样本的基础上构建,选取 50 名驾驶经验丰富并且精神状态良好的驾驶员,并采集不同恶劣气象下车辆行驶前方图片,通过驾驶员模拟驾驶识别后,将图片分为无法看清前方车辆和可看清前方车辆两类,从每类图像中选取较典型的图片 100 张,一共 200 张作为训练样本集,另外再选取 200 张进行测试,图片均为 jpg 格式。

#### 3.2 图像预处理

低能见度气象条件下采集的照片噪声较大,通过 MATLAB-2016b 版本内嵌丰富的图像处理函数,对本样本顺次做归一化、灰度直方变换、线性锐化滤波、边缘检测等处理。

首先,应用 resize 函数对图像进行归一化处理,所有样本统一为格式图片;然后采用 imadjust 函数进行灰度直方变换,其中,直方图变换函数采用均匀分布函数,概率密度函数为

$$P_g(g) = \frac{1}{g_{\max} - g_{\min}} \quad g_{\max} \geq g \geq g_{\min} \quad (1)$$

转移函数为

$$g = [g_{\max} - \geq g_{\max}]C(f) + g_{\min} \quad (2)$$

式中: $P_g(g)$ 为概率分布密度; $g$ 为输出像素灰度; $g_{\max}$ 为最大输出像素灰度; $g_{\min}$ 为最小输出像素灰度。

图像滤波能够有效降低图片噪声,而图像锐化增加图片对比度,使用线性滤波器对图像进行滤波处理<sup>[16]</sup>;以 Sobel 算子为基础的边缘检测方法对噪声具有平滑作用,虽然检测定位精度稍有下降,但检测效果总体较好。Sobel 算子首先分别用水平算子和垂直算子得到两个矩阵

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

然后顺次做加权平均、微分和求梯度,计算公式为

$$f'_x(x,y) = f(x-1,y+1) + 2f(x,y+1) + f(x+1,y+1) - f(x-1,y-1) - 2f(x,y-1) - f(x+1,y-1) \quad (4)$$

$$f'_y(x,y) = f(x-1,y+1) + 2f(x-1,y) + f(x-1,y+1) - f(x+1,y-1) - 2f(x+1,y) - f(x+1,y+1) \quad (5)$$

式中: $x$ 为水平算子; $y$ 为垂直算子; $f'_x(x,y)$ 为  $x$  方向梯度; $f'_y(x,y)$ 为  $y$  方向梯度。

通过图像预处理步骤之后,可得到图 4~图 7 效果图。

有车状态处理前后对比:



图 4 预处理前前方车辆图  
Fig.4 Preprocessed image



图 5 预处理后前方车辆图  
Fig.5 Preprocessed images

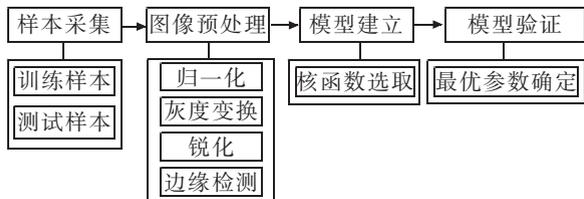


图 3 模型建立流程图  
Fig.3 Flowchart of model building

无车状态处理前后对比:



图6 预处理前前方无车图  
Fig.6 Preprocessed image



图7 预处理后前方无车图  
Fig.7 Preprocessed images

经过预处理后的图片特点分明,可作为训练样本载入训练集。

### 3.3 利用 Libsvm 工具箱分类识别

从采集图片中按两种类型分别选择 100 张图片作为测试样本,以 MATLAB2016b 版本安装的台湾大学林智仁(Lin Chih-Jen)开发的 LIBSVM 工具箱为基础进行训练样本的学习和测试样本的测试。首先建立训练样本的属性矩阵,并为其添加标签;然后使用 LIBSVM 工具箱中的 svmtrain 函数<sup>[17]</sup>进行样本的训练学习。考虑到径向基核函数会根据离节点中心的不同距离而使样本的权重和响应值不同,同时输入样本的原理节点中心的输出几乎为 0,所以核函数采用径向基核函数(RBF),表达式为  $\log_2 c$ 。

$$K(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = \exp\left(-\frac{\|\mathbf{x} - \mathbf{x}'\|^2}{g^2}\right) \quad (6)$$

式中  $\mathbf{x}, \mathbf{x}'$  是训练图片的特征向量;最后应用 svmpredict 函数进行测试样本识别分类,并查看分类识别率。

在选取核函数参数和惩罚函数参数时,调用 LIBSVM-FarutoUltimate 工具箱中的 SVMcgForClass 函数进行参数优化,根据初始设置图像以及前车图像训练样本特征向量进行交叉验证,并确定支持向量机的核心参数,网格参数寻优等高线二维图如图 8。

SVMcgForClass 函数能够针对径向基核函数寻找到最佳函数参数和惩罚性参数,选取不同的核函数参数和惩罚性参数并观察其识别率,如表 1 所示。

从表 1 可以看出,随着核函数参数  $g$  和惩罚性参数  $c$  的逐渐变化,识别率不断上升,错分样本数逐渐减少,当核函数宽度参数为 2.824 81,惩罚性参数为 1.984 91,识别率和错分样本数达到最佳。在最佳识别率状态下,前方无车辆时正确识别图像数量为 92 张,有车辆时正确识别张数为 91 张,最佳识别率达到了 90%以上。

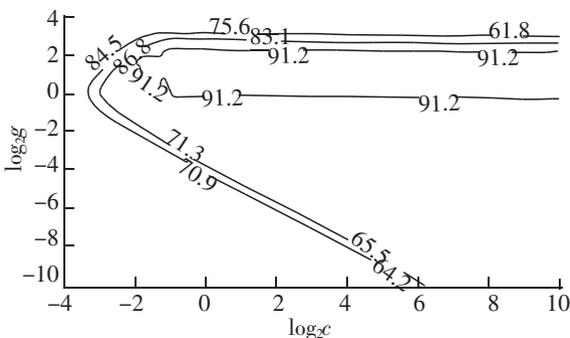


图8 参数寻优等高线二维图

Fig.8 The two-dimensional map of parameter optimization contour line

表1 随机参数选择下的准确率

Tab.1 The accuracy of random parameter selection

核函数参数 $g$	惩罚性参数 $c$	测试样本识别率/%	错分样本数
0.031 38	0.063 41	42.225 2	116
0.196 54	0.534 84	61.927 8	76
1.154 34	1.345 34	84.243 2	30
2.824 81	1.984 91	91.234 2	17

## 4 结论与展望

1) 前车识别是行车安全系统中的重要模块,在广泛安装的车载雷达等系统虽然有一定的识别率,但其单一电磁波反射原理无法面对复杂的行车环境,而能够模拟人类视觉的机器视觉系统便凸显其面对复杂环境的优势。

2) 生物视觉因为其特性和缺点,无法长时间高效识别前方车辆,本文提出基于支持向量机的神经网络机器视觉模型能够弥补生物视觉在低能见度环境下的不足和缺陷,为行车安全系统中的前车识别模块提出了一种解决方案。

3) 增加样本数量会显著提高识别率,但本文在模型构建中,存在样本采集数量过少和不规范等问题,一定程度上影响了识别率,以后的研究重点是增加样本数量,优化识别模型,使识别率能够达到 100%。

4) 本文的低能见度前方车辆识别模型是建立在跟车或会车状态,未考虑转弯和十字路口等复杂路况条件,而作为交通行驶环境中的重要组成部分,转弯、十字路口等复杂路况下的车辆识别模型将是下一步的重点研究内容。

### 参考文献:

- [1] THOMAS. A ranney models of driving behavior a review of their evaluating[J]. Accident Analysis and Prevention, 1994, 26(6): 733-50.
- [2] SCHWARZINGER M, ZIEKE T, NOLL D, et al. Vision-based car-following: detection, tracking, and identification[J]. Proceedings of the EEE, 1992: 24-29.
- [3] THOMAS ZIELKE M B. Intensity and edge-based symmetry detection applied to car-following[J]. Springer Berlin/Heidelberg, 1992: 865-873.
- [4] 顾宇枫. 基于 Android 平台的前方车辆防撞预警系统[D]. 南京: 东南大学, 2015.
- [5] 顾柏园. 基于单目视觉的安全车距预警系统研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2006.
- [6] 杨亚男. 基于信息融合的车辆防撞控制算法研究[D]. 锦州: 辽宁工业大学, 2016.
- [7] 刘西川, 高太长, 刘磊, 等. 降水现象对大气消光系数和能见度的影响[J]. 应用气象学报, 2010(4): 433-441.
- [8] 高太长, 刘西川, 张云涛, 等. 降雪现象与能见度关系的探讨[J]. 解放军理工大学学报: 自然科学版, 2011(4): 403-408.
- [9] 尚倩. 南京冬季雾霾的宏微观特征及对能见度的影响[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2012.
- [10] 方鼎. 汽车驾驶员动态视认性的试验研究[D]. 西安: 长安大学, 2005.
- [11] BROWN ID. Prosepects for technological countermeasures against driver fatigue[J]. Accident Analysis and Prevention, 1997, 29(4): 24-29.
- [12] 李都厚, 刘群, 袁伟, 等. 疲劳驾驶与交通事故关系[J]. 交通运输工程学报, 2010(2): 104-109.
- [13] 常甜甜. 支持向量机学习算法若干问题的研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.
- [14] 丁世伟, 齐丙娟, 谭红艳. 支持向量机理论与算法研究综述[J]. 电子科技大学学报, 2011(1): 2-10.
- [15] 王小川. MATLAB 神经网络 43 个案例分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013: 102-109.
- [16] 吴术路. 基于 Sobel 算子图像边缘检测的 MATLAB 实现[J]. 电脑知识与技术, 2010(19): 5314-5315.
- [17] 胡林峰, 刘遵雄. 基于特征脸和二叉树支持向量机的人脸识别[J]. 华东交通大学学报, 2009, 26(2): 47-51.

# Study on Low Visibility of Vehicle Recognition Based on Support Vector Machine

Xu Peng, Wang Zehua

(College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** The complex meteorological condition environment is one of the important reasons for the high incidence of traffic accidents, in which drivers' vision find it hard to identify quickly and effectively the front vehicles in a low-visibility environment. But machine vision not only overcomes the biological vision restriction, but also retains the characteristics of high continuity and stability. The drivers who have experience and good mental state were selected to classify the sampled images of low visibility vehicles. Then, the LIBSVM toolbox was used to build the simulation driver classification and recognition model based on support vector machine in MATLAB2016b version. Finally, the test sample was used to verify the recognition rate, and the simulation results show that the recognition rate is over 90%.

**Key words:** machine vision; neural network; support vector machines; classification recognition model