

基于不变性联想神经网络的道路交通标志识别算法

侯培国¹ 陈毅强² 张北¹

(¹燕山大学测试计量技术及仪器河北省重点实验室, 河北 秦皇岛 066004)
²秦皇岛视听机械研究所技术部, 河北 秦皇岛 066004)

摘要 提出一种基于不变性联想神经网络的道路交通标志识别算法。该算法通过对交通标志的颜色属性和形状属性的分析,建立了交通标志的颜色和形状之间确定的关系,以其作为识别交通标志的重要依据。建立颜色形状特征库,设计联想记忆神经网络模型用来实现不变性模式识别,采取约束突触权值的方法从图像中提取不变特征。仿真表明该方法可以对交通标志实现快速分类,较好地消除了视角的影响,具有良好的准确性、实时性和稳健性。

关键词 图像处理; 交通标志; 模式识别; 神经网络; 颜色形状模型

中图分类号 TP74

OCIS 100.4996 100.2960

文献标识码 A

Research on Road Traffic Sign Identification Algorithm Based on Invariance Association Neural Network

Hou Peiguo¹ Chen Yiqiang² Zhang Bei¹

(¹Hebei Key Laboratory of Measurement Technology and Instrumentation, Yanshan University,
Qinhuangdao, Hebei 066004, China
²Technology Department, Qinghuangdao Audio-Visual Machinery Research Institute,
Qinghuangdao, Hebei 066004, China)

Abstract Feature library of colors and shapes is established. The association memory neural network model is also designed to realize the identification of invariance pattern. The method of constraint synapse weight is adopted to extract invariance feature from the images. The simulation results show that this method can realize quick splitting of traffic signs and the influence of the angle of view has been well eliminated. It has good accuracy, real-timing and robustness.

Key words image processing; traffic sign; pattern recognition; neural network; color-shape model

1 引言

智能交通系统是一个集检测、通信、控制和计算机等技术为一体的综合信息系统,以图像检测及处理技术为其主要手段,在交通管理、安全、环保等方面发挥着重要的作用^[1,2]。目前的交通标志检测研究主要是通过2条技术路线进行的,即基于灰度图像和基于彩色图像的交通标志检测。前者由于需要处理的图像信息量较少,因此已应用于很多交通标志检测系统。但其缺点是不同颜色的灰度级别有时相差很小,难以区分。交通标志的颜色大都鲜艳醒目,与周围区域对比较强,且彩色图像提供的信息比灰度图像更加丰富。神经网络具有很强的非线性映射能力和容错能力。因此,将神经网络与颜色信息相结合将成为交通标志检测发展的重要方向。

交通标志识别主要包括交通标志的检测和识别两个基本环节。交通标志检测是通过对实景图像进行边缘检测,获取交通标志的具体位置,通常是利用交通标志的颜色和几何形状来实现的,识别的主要方法有基

收稿日期: 2009-08-21; 收到修改稿日期: 2009-11-02

作者简介: 侯培国(1968—),男,教授,硕士生导师,主要从事测试计量技术及仪器等方面的研究。

E-mail: pghou@ysu.edu.cn

于神经网络、基于形状和基于颜色等方法^[3,4]。采用改进的 Hough 变换方法对交通标志的颜色和形状检测有较高的识别率^[5],基于柯西分布的目标检测对场景中光线的变化、背景扰动等噪声具有稳健性^[6],可以在交通标志检测中有好的应用。文献[7,8]采用改进概率神经网络实现交通标志的识别,获得了较好的效果。目前交通标志识别的研究工作已取得了较多成果,但依旧存在一些难点,道路情况的复杂性导致交通标志的背景相当复杂;光照条件的复杂性导致交通标志的颜色失真极为严重;拍摄视角不同使得交通标志出现不同程度的几何失真等。本文将神经网络与颜色信息相结合,对交通标志的识别和定位进行了研究。

2 基于颜色-形状属性的交通标志识别模型

我国直接与道路交通安全有关的交通标志分为 3 大类,包括禁令标志、指示标志和警告标志共 116 种。主要由红、蓝、黄、黑和白 5 种颜色构成。主要的禁令标志以红色为基本颜色,白色为底色,内部图案为黑色;指示标志的基本颜色为蓝色,内部图案以白色为主;警告标志的基本颜色为黄色,边框及内部图案为黑色。由于一部分警告标志内部为较大面积的不规则黑色图案,若以黄色作为待研究的颜色,其不规则的颜色将使得识别变得复杂。考虑到警告标志边缘均具有一定宽度的黑色区域,因此将黑色作为研究警告标志的基本颜色。

我国的交通标志共有圆形、矩形、正三角形、倒三角形和正八边形 5 种基本形状。其中,圆形、矩形和正三角形的数量最多,为交通标志的主要形状。根据对道路交通标志的颜色特性和集合特性的分析,可以得知,道路交通标志的几何形状与颜色之间存在着唯一确定的关系,如图 1 所示。红色倒三角形、红色八边形、红色圆形、黑色圆形为禁令标志;蓝色圆形、蓝色矩形为指示标志;黑色正三角形为警告标志。通过研究交通标志颜色-形状的关系,将待识别的交通标志粗略地分为 7 类,每个子类的样本数大为减少,实现在检测交通标志的同时进行分类,因此将大大提高交通标志的识别效率和正确率^[9]。

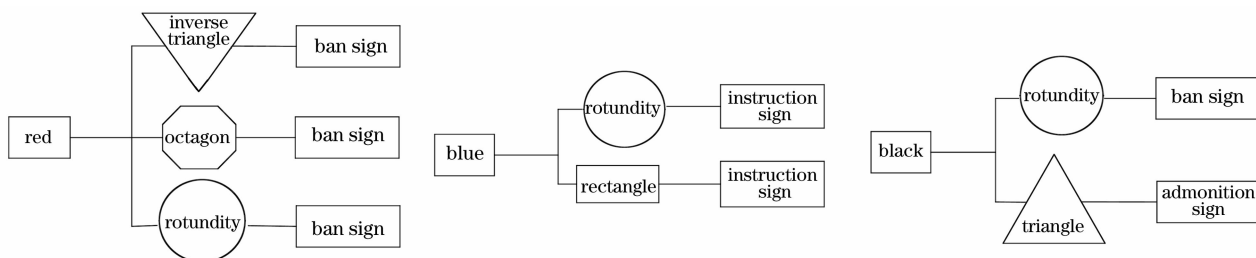


图 1 颜色-形状匹配模型

Fig. 1 Matching model of color-shape

3 Hopfield 神经网络模型

识别的不变性是指识别时不受模式的位置、方向和大小的影响。自联想记忆能将网络中输入模式映射到存储在网络中的不同模式中的一种。联想记忆不仅能将输入模式映射为自己所存储的模式,而且对具有缺陷和噪声的输入模式有一定的容错能力^[10]。设在学习过程中给联想记忆网络中存入 N 个样本 $\{x_i\}$ ($i=1,2,\dots,n$),给联想记忆网络输入 $x=x_i+\alpha$,其中 x_i 是 n 个学习样本之一, α 是偏差项(偏差或畸变)。通过自联想网络输出 x_i ,使信号复原。

Hopfield 神经网络是一种具有全反馈结构的动态神经网络,一个 Hopfield 模型的基本参数和运行规则包括全部反馈权值、各神经元的外部输入、各神经元的输入输出函数和其中的参数以及各神经元的输入(或输出)随时间变化的规律。对于给定的能量函数网络总能收敛到一个稳定状态,得到对应的合理的权函数对应于能量函数的某个局部极小点。由于 Hopfield 神经网络会收敛于稳定状态(吸引子),使得它可以用作联想记忆。

采用的离散 Hopfield 神经网络如图 2 所示。 $\mathbf{X}=[x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ 为网络的状态矢量,其分量是 n 个神经元的输出。 $\boldsymbol{\theta}=[\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n]^T$ 为网络的阈值矢量。 $\mathbf{W}=[w_{ij}]_{m \times n}$ 为网络的连接权矩阵, w_{ij} 表示第 j 个神经元到第 i 个神经元的连接权, $i, j \in \{1, 2, \dots, N\}$ 。设第 i 个神经元 k 时刻总输入为

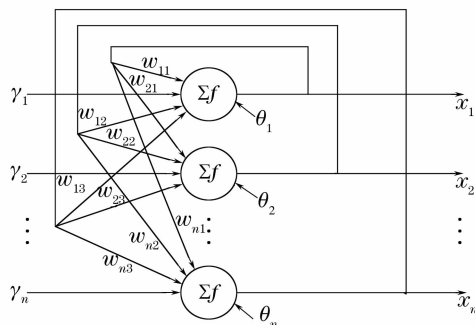


图2 离散 Hopfield 神经网络结构形式

Fig. 2 Structural form of discrete Hopfield neural networks(DHNN)

$$y_i(k) = \sum_{j=1}^N \omega_{ij} x_j(k) + \gamma_i(k), \quad (1)$$

则第 i 个神经元 k 时刻净输入为

$$H_i(k) = \sum_{j=1}^N \omega_{ij} x_j(k) + \gamma_i(k) - \theta_i, \quad (2)$$

变换为符号函数

$$x_i = \text{sgn}(H_i) = \begin{cases} 1, & H_i \geq 0 \\ -1 & H_i < 0 \end{cases} \quad (3)$$

在某一时刻有 $N(1 < N \leq n)$ 个神经元按照(2),(3)式改变状态,而其余神经元的输出保持不变。变化的这一组神经元可以按照随机方式或某种规则来选择。当 $N = n$ 时,记载某一时刻所有的神经元都按(2),(3)式改变状态,即

$$x_i(k+1) = \text{sgn}[H_i(k)], \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

此时神经网络可以用矢量形式表示

$$x(k+1) = \text{sgn}[\omega \cdot x(k) + \gamma(k) - \theta]. \quad (5)$$

如果网络节点的初始状态为 $X(0)$,连接权值为 ω_{ij} ,当其运行 t 步后处于状态 $X(k+1)$,即

$$x_i(t+1) = \text{sgn}\left[\sum_{j=1}^n \omega_{ij} x_j(t) + \theta_i\right], \quad (6)$$

由于能量函数 E 是有界的,系统最终要达到某个稳定的状态,或者是在某几个状态绕行,这些状态系统的吸引子,即能量函数的局部最小点。

Hopfield 网络用于联想记忆时分为学习和联想两个阶段。学习阶段的任务是给定 m 个学习样本,按照 Hebb 规则^[11]学习。Hebb 规则认为学习过程最终发生在神经元之间的突触部位,突触的联系强度随着突触前后神经元的活动而变化。调整权为

$$\omega_{ij} = \sum_{n=1}^m X_i^n X_j^n, \quad (7)$$

使得存储样本成为系统的吸引子。联想阶段的任务是在 ω_{ij} 已调整好的情况下,对于给定残缺不全或者受到干扰的信息,令其作为联想关键字,按照学习规则变化神经元的状态,使得最终的稳态成为动力学的吸引子。

通过训练神经网络,使其能够根据交通标志的特征输入得到期望目标矢量的过程。交通标志的识别过程中,每个目标向量代表一个标志,直接与道路交通安全相关的交通标志共有 116 种,分别对每个标志设置对应的向量。

4 测试结果

对基于颜色-形状分类器的不变性联想神经网络的道路交通标志识别算法进行仿真,仿真结果如图 3 所示。

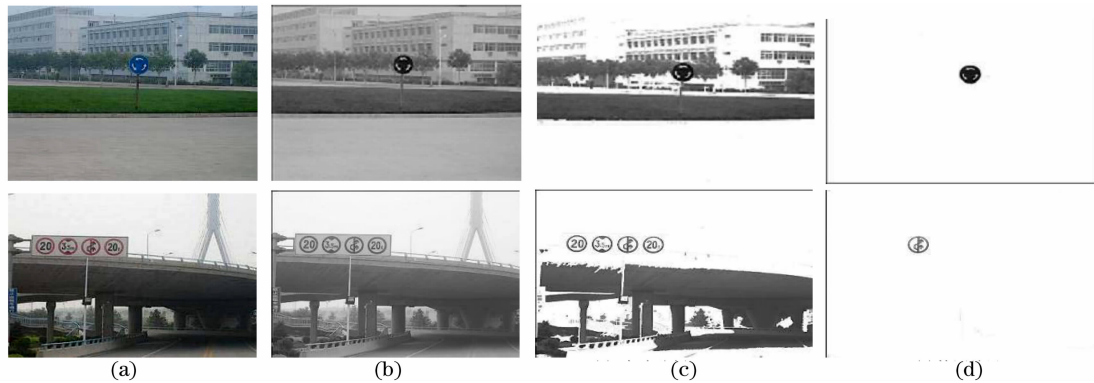


图3 仿真实验实例。(a)交通标志场景图,(b)图像预处理,(c)色彩分割,(d)检测结果,(e)交通标志场景图

Fig.3 Example of simulation experiment. (a) traffic sign scene image, (b) image pre-processing, (c) color division, (d) outcome of detection

5 结 论

结合基于颜色-形状特征的交通标志识别模型,提出了基于 Hopfield 神经网络的联想记忆交通标志识别方法,大幅简化了交通标志的复杂性,提高了系统的实时性,对光照变化、背景干扰、交通标志的平移和比例变化有良好的适应性。仿真实验研究结果表明,提出的算法具有良好的准确性、稳健性和实时性,较好地实现了交通标志的不变性识别。

参 考 文 献

- Zhu Shuangdong, Lu Xiaofeng. A survey of the research on traffic sign recognition[J]. *Computer Engineering & Science*, 2006, **28**(12): 50~52
朱双东,陆晓峰. 道路交通标志识别的研究现状及展望[J]. *计算机工程与科学*, 2006, **28**(12): 50~52
- Zhang Yajing, Li Minzan, Qiao Jun *et al.*. Segmentation algorithm for apple recognition using image features and artificial neural network[J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(11): 2104~2108
张亚静,李民赞,乔 军 等. 一种基于图像特征和神经网络的苹果图像分割算法[J]. *光学学报*, 2008, **28**(11): 2104~2108
- B. Besserer, S. Estable, B. Ulmer. Shape classification for traffic sign recognition[C]. 1st Int'l Workshop on Intelligent Autonomous Vehicles, 1993. 487~492
- Hsiu-Ming Yang, Chao-Lin Liu, Kun-Hao Liu. Traffic sign recognition in disturbing environments[C]. Proc. 14th Int'l Symp on Methodologies for Intelligent Systems (LNAI 2871), 2003. 252~261
- Zhang Ning, He Tiejun, Gao Zhaohui *et al.*. Detection method of traffic signs in road scenes[J]. *J. Traffic and Transportation Engineering*, 2008, **8**(6): 104~109
张 宁,何铁军,高朝晖 等. 道路场景中交通标志的检测方法[J]. *交通运输工程学报*, 2008, **8**(6): 104~109
- Ming Ying, Jiang Jingjue. Background modeling and moving-objects detection based on cauchy distribution for video sequence[J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(3): 587~592
明 英,蒋晶珏. 基于柯西分布的视频图像序列背景建模和运动目标检测[J]. *光学学报*, 2008, **28**(3): 587~592
- Li Qunhui, Zhang Hang. A modified PNN-based method for traffic signs classification[J]. *Systems Engineering*, 2006, **24**(4): 97~101
黎群辉,张 航. 基于改进概率神经网络的交通标志图像识别方法[J]. *系统工程*, 2006, **24**(4): 97~101
- Jiang Jiafu, Xiao Shuping, Yang Dingqiang. Texture image recognition based on modified probabilistic neural network[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2008, **44**(10): 48~50
蒋加伏,肖淑苹,杨鼎强. 基于改进概率神经网络的纹理图像识别[J]. *计算机工程与应用*, 2008, **44**(10): 48~50
- Zhu Shuangdong, Liu Lanlan, Lu Xiaofeng. Color-geometric model for traffic sign recognition [J]. *Chinese J. Scientific Instrument*, 2007, **28**(5): 954~960
朱双东,刘兰兰,陆晓峰. 一种用于道路交通标志识别的颜色——几何模型[J]. *仪器仪表学报*, 2007, **28**(5): 954~960
- Zhu Qi, Zheng Lian, Wang Keyong. Translation scale rotation invariancy (TSRI) recognition of targetImage based on triplecor relation[J]. *Acta Armamentarii*, 1999, **9**(1): 39~42
祝 奇,郑 链,王克勇. 基于三阶相关量的目标图像不变性识别技术[J]. *兵工学报*, 1999, **9**(1): 39~42
- Tian Daxin, Liu Yanheng, Li Bin *et al.*. Distributed neural network learning algorithm based on Hebb rule[J]. *Chinese J. Computer*, 2007, **30**(8): 1379~1388
田大新,刘衍珩,李 宾 等. 基于 Hebb 规则的分布神经网络学习算法[J]. *计算机学报*, 2007, **30**(8): 1379~1388