

驾驶员眼部状态识别方法的研究

郭克友, 储江伟, 王荣本

(吉林大学交通学院, 吉林 长春 130025)

摘要: 驾驶员在正常驾驶、瞌睡驾驶及疲劳驾驶 3 种状态下的眼睛张开程度有一定的区别。根据这一特点, 设计了一种 3 层 BP 网络, 利用图像预处理获取到的眼部区域特征值作为网络输入向量, 输出对应 3 种不同状态。实验结果表明, 该网络可快速有效地识别出驾驶员眼部精神状态。

关键词: 行为监控; 眼睛状态识别; BP 神经网络; 图像处理

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A

Study on the Recognition of the Driver's Eye States

GUO Ke-you, CHU Jiang-wei, WANG Rong-ben

(Transportation College of Jilin University, Changchun 130025, China)

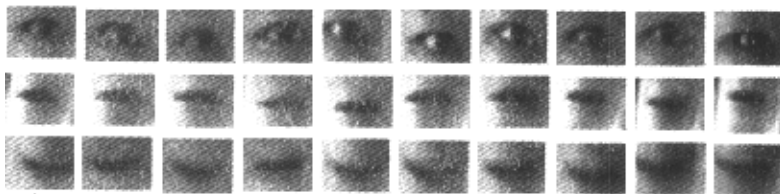
Abstract: Under the circumstances of the natural driving, drowsing driving and fatigued driving of a driver, the opening degrees of the eyes are different to some extent. Based on this characteristic, a three-layer artificial neural network is designed. The eigenvalues of the eye's area which are gained by image preprocessing are used as the inputs of the network, and the outputs of the network correspond to the three different conditions. Experiments have proved the validity of the network.

Keywords: Behavior monitor; Eye states recognition; BP neural network; Image processing

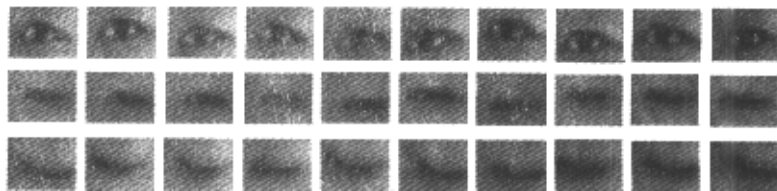
1 引言

据英国汽车协会统计, 英国因车祸而死亡事故中, 有十分之一是因司机疲劳驾驶引起的。同时有资料表明, 高速公

路上发生的交通事故中, 有 50% 以上是由于长时间疲劳驾驶或所见目标单调使司机注意力不集中、甚至打瞌睡等原因造成的。在出现这些现象的同时, 司机眼睛部位的形状也将发生明显变化。如图 1 所示, 眼睛作为一个重要的信息传递



(a) 左眼的 3 种状态



(b) 右眼的 3 种状态

图 1 驾驶员眼睛的 3 种常见状态

收稿日期: 2002-09-15 修订日期: 2003-04-14

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目资助课题(00037)

作者简介: 郭克友(1975-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为汽车安全与辅助驾驶。

器官,它不仅把外界的各种信息反馈给大脑,同时也把人的内在精神状态形象地表达出来。精神饱满时,眼睛会睁得很开;精神萎靡时,眼睛会睁得很小;睡眠时,眼睛会完全合上。眼睛在以上 3 种情况下的外形有明显区别。

随着图像处理技术的飞速发展,利用图像处理技术对运动目标进行实时监测已经成为可能^[1-5]。利用摄像机持续不断地观察司机的眼睛、耳朵、鼻子和下颌的方位,根据图像处理结果来判断驾驶员是否疲劳,对此研究具有重要价值。因此,首先必须解决驾驶员眼睛状态的判别问题。为解决这一问题,本文设计了一个 3 层神经网络分类器。

2 图像预处理

驾驶员眼睛部位的获取是基于人脸皮肤彩色模型理论基础的,之所以使用彩色图像,是为了给下一步识别处理提供良好的前提条件,因此必须先进行图像预处理。

2.1 去色

由于本文要获取的是眼睛区域的形状信息,颜色信息相对而言就是不必要的冗余信息。为使图像信息更加简洁,需将图像颜色去除。由彩色图转换成灰度图的公式为

$$\text{Gray} = 0.589 * R + 0.211 * G + 0.2 * B \quad (1)$$

利用式(1)即可将 RGB 三原彩色图像转换成灰度图像。

2.2 二值化

为了将眼睛区域与外围的皮肤区域区分开来,以确定眼

睛区域的大小、形状,需要对上一步所获取的灰度图像进行二值化处理。

$$\text{Image} = \begin{cases} 1, & \text{Gray} > \text{Threshold} \\ 0, & \text{Gray} \leq \text{Threshold} \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中的 Threshold 为阈值。阈值有固定阈值和动态阈值两种,可针对不同情况加以选取。本文经对大量样本分析后发现,取固定阈值 Threshold=90 时,处理效果最佳。

经过以上两步的处理,眼睛区域的外形简洁明了,如图 2 所示,这为下一步特征值的获取打下了良好的基础。

3 图像特征值的获取

仔细分析图 2 中的图形可以看出,眼睛区域的 3 种形状区别明显。如果找出能够表征眼睛区域形状的特征值并输入神经网络分类器,便可利用神经网络的模糊分类的优点,识别出驾驶员的 3 种不同的精神状态。分析发现,眼睛区域的最大宽度、最大高度能够表征眼睛的张开程度,应取为特征值。由图 2 还可以看出,3 种状态的眼睛区域的水平对称中心处的高度明显不同,也应取为特征值;另外,在 3 种状态中,正常状态下的眼睛上部呈拱形,迷糊状态下的眼睛上部约呈直线形,闭合状态下的眼睛上部呈凹形。为表征这一特点,可将水平对称中心的顶部坐标值、水平对称中心左右相距 3 个像素点处的顶部坐标值取为特征值。将以上 6 个特征值组成一组向量,即可描述出不同状态下的眼睛特征。

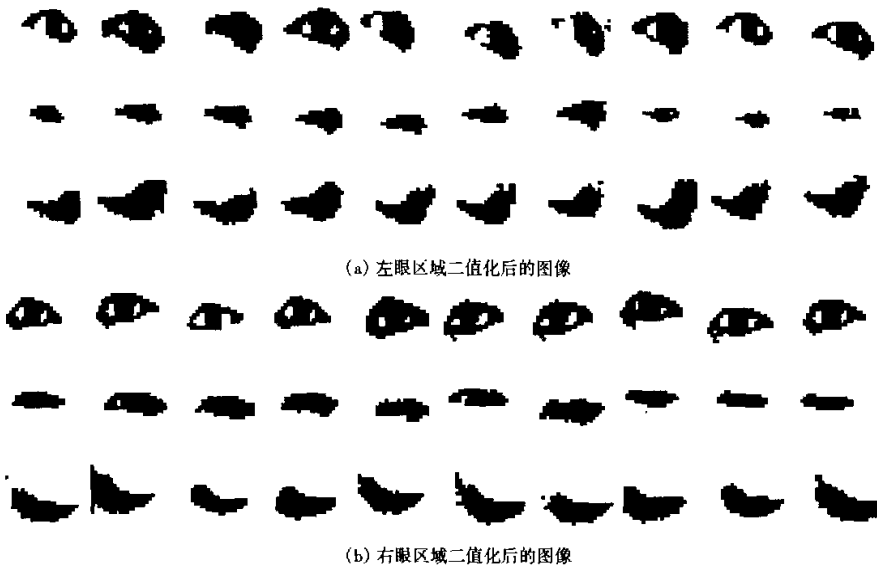


图 2 眼睛区域图像预处理结果显示

4 神经网络分类器

4.1 基于 BP 网络的神经网络分类器

本文采用的 BP 网络是一种较成熟的网络,在图像处理

和模式识别中应用较多。虽然其存在着训练时间长、易陷于局部最小等缺点,但在实际使用中可以通过优化其网络结构、离线训练等措施,提高其使用性能。

4.2 BP 网络的结构

BP 神经网络为 3 层结构,输入层有 6 个神经元,隐层有 12 个神经元,输出层有 3 个神经元。隐层均采用 Sigmoid 函数,网络结构如图 3 所示。

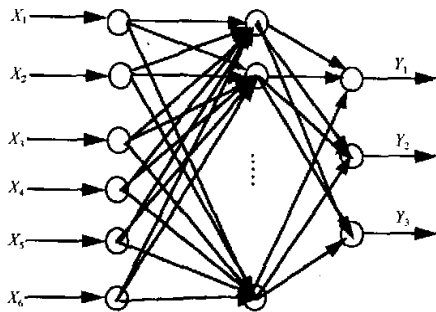


图 3 BP 神经网络结构

4.3 BP 网络的学习算法

采用改进的 BP 算法对网络进行训练。设训练样本集

$(x_{1p}, x_{2p}, \dots, x_{np}; t_{kp})$ 中样本 p 的误差函数为

$$e_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^l (t_{kp} - y_{kp})^2 \quad (3)$$

设向量 W 表示隐层神经元与输入层神经元的连接权值 W_p 、隐层神经元的阈值 θ_i 和输出层神经元与隐层神经元的连接权值 W_k ; 沿着误差函数 e_p 随 W 变化的负梯度方向对 W 进行修正。设 W 的修正值为 ΔW , 则 ΔW 为

$$\Delta W^{(n)} = -\eta \frac{\partial e_p}{\partial W} + \alpha \Delta W^{(n-1)} \quad (4)$$

式中 $\Delta W^{(n)}$ ——第 n 次迭代计算时 W 的修正值;
 $\Delta W^{(n-1)}$ ——第 $n-1$ 次迭代计算时 W 的修正值; α ——动量因子,取 0.92; η ——学习率,取 0.3。按下式对 W 进行修正

$$W = W + \Delta W \quad (5)$$

4.4 左、右眼分别训练网络

由于左、右眼的情况并不统一,所以分左眼、右眼两种情况单独训练网络。训练样本为:左眼 73 个,右眼 73 个。经过训练,得到针对左、右眼神经网络的隐层的权值 W_1 和阈值 B_1 ,输出层的权值 W_2 和阈值 B_2 ,分别如表 1 所示。

表 1 左、右眼隐层和输出层的权值和阈值

	左 眼						右 眼					
W_1	0.081 9	0.061 7	0.486 1	-0.235 5	-0.294 3	0.098 4	-0.153 0	-0.253 3	-0.178 4	0.218 8	-0.150 7	-0.096 5
	-0.103 7	0.016 2	0.061 7	0.423 3	0.345 6	0.076 9	-0.013 7	0.041 4	0.108 7	-0.195 6	0.230 8	0.129 0
	-0.007 8	0.210 9	0.085 5	0.194 5	-0.133 0	-0.153 0	0.021 7	-0.158 2	0.696 8	0.196 5	0.390 4	-0.130 5
	-0.140 7	-0.336 9	-0.263 3	-0.147 7	-0.045 7	0.110 4	-0.111 3	-0.058 5	0.195 1	-0.160 2	0.170 4	-0.139 7
	0.072 5	-0.222 7	0.425 2	0.347 8	0.318 2	0.329 2	0.001 8	0.064 9	-0.292 1	-0.212 2	0.010 8	-0.021 5
	0.235 9	-0.077 7	0.306 8	-0.052 4	-0.006 2	-0.164 0	-0.395 8	0.436 8	-0.461 0	-0.204 4	0.082 4	0.200 4
	-0.029 2	0.118 1	-0.092 9	-0.146 3	-0.091 1	0.239 6	0.046 0	0.019 8	-0.081 5	0.053 8	-0.172 9	0.071 7
	0.176 8	0.218 2	-0.167 4	0.114 9	0.133 6	-0.010 1	0.030 4	-0.040 1	-0.208 5	-0.121 1	-0.045 7	0.062 6
	-0.108 8	-0.268 7	-0.259 0	-0.157 8	0.087 8	-0.206 5	0.029 8	0.169 1	-0.053 9	0.228 5	0.170 4	-0.059 2
	0.403 3	-0.111 0	0.297 2	-0.392 2	0.022 6	-0.295 4	0.195 6	0.155 0	0.225 3	-0.130 7	0.129 6	-0.100 3
W_2	0.259 0	0.119 7	0.234 0	-0.047 8	-0.008 8	0.161 2	-0.034 1	0.009 6	0.297 2	-0.033 2	-0.097 5	-0.181 6
	-0.090 3	-0.094 8	-0.017 9	0.203 3	0.172 5	0.088 3	-0.018 6	-0.089 0	-0.012 8	-0.014 9	-0.178 7	-0.057 7
	-0.093 8	-0.058 6	0.886 6	-0.479 6	-0.334 3	0.728 5	-1.040 8	0.742 8	0.745 6	0.177 5	0.609 4	-0.099 2
	-0.565 7	0.369 9	-0.578 6	-0.712 6	0.083 2	0.059 8	0.628 8	0.875 2	-0.790 6	0.348 6	-0.2204	0.264 3
	0.615 6	0.614 6	-0.875 2	0.787 6	-0.891 3	-0.568 4	0.089 3	0.183 1	0.021 8	0.066 2	0.681 6	0.845 3
	0.457 9	0.273 5	-0.625 0	0.348 9	-0.398 9	0.743 3	0.324 5	-0.168 5	0.822 1	1.003 1	0.643 6	-0.532 7
B_1	0.972 8	0.150 5	1.028 1	0.260 3	0.209 5	0.186 3	0.876 8	0.392 2	-0.659 5	-0.261 8	-0.367 8	-0.801 7
	0.492 4	1.038 4	0.570 9	-0.793 8	-0.737 7	0.161 9	0.619 9	-0.075 0	0.362 9	-0.005 3	-0.744 8	-0.209 2
B_2	-3.627 8	-2.249 8	0.694 0	3.373 8	-2.958 1	-3.617 7	2.809 3	-3.553 7	-3.611 8	-1.587 3	3.607 6	-2.717 6
	1.593 2	-0.391 9	2.565 9	-2.268 6	-3.263 3	-0.375 6	-3.358 2	3.205 8	-2.246 5	-1.095 7	-3.596 9	6.584 9
B_2	-0.997 5	0.931 5	-0.600 3				-0.326 7	0.288 6	0.879 3			

(下转第 1228 页)

$$u'(u_3) = 0.04 + 0.06i + 0.90j \quad (20)$$

$$u'(u_4) = 0.20 + 0.20i + 0.60j \quad (21)$$

$$u'(u_5) = 0.64 + 0.16i + 0.20j \quad (22)$$

再把式(18)~式(22)改写成矩阵 R'

$$R' = \begin{bmatrix} 0.49 & 0.21 & 0.30 \\ 0.20 & 0.20 & 0.60 \\ 0.04 & 0.06 & 0.90 \\ 0.20 & 0.20 & 0.60 \\ 0.64 & 0.16 & 0.20 \end{bmatrix}$$

设权重值 W 仍不变化, 则 $G' = WR' = [0.359, 0.166, 0.475]$, 由于 $0.359 < 0.475(a < c)$, $0.359 > 0.166(a > b)$, $0.166 < 0.475(b < c)$, 对照表 1 可知, G' 对应于 9 级(微反势), 相应的综合评判结论变为“3 天不能完成”。为什么会产生这样的结果呢? 因为原评判矩阵 R 中的各元素在确定过程中多少存在着一些不确定性, 这些不确定性的最终影响结果使浇筑砼这道工序的实际完工时间有可能超出 3 天, 其实这与模糊评判法的结论并不矛盾, 在模糊评判法中“3 天不能完成”的可能性虽然仅有 18.8%, 但还是有发生的可能, 因此在最不理想的情况下, 有可能出现“3 天不能完成”的情形。既然如此, 在编制网络计划时, 就直接采用文献[1]的做法, 将该工序的作业时间记为 $3 + bi$, b 的取值方法可采用“专家法”或其它方法加以估计。

4 结 语

本文把联系数理论和基于联系数的态势排序用于网络

计划工序作业时间实现可能性的判定。应用实例表明, 其判定结果与模糊综合评判方法的结论基本一致, 而且更为细致深入。基于联系数的态势排序表作为一种新的数学工具, 含有丰富的系统信息, 可以从不同角度加以应用。但排序表的结构, 以及有关势级和各势级内部的可分辨关系仍需作进一步的研究。

参考文献:

- [1] 黄德才, 赵克勤. 用联系数描述和处理网络计划中的不确定性[J]. 系统工程学报, 1999(2): 112-117.
- [2] 赵克勤, 黄德才. 基于 $a + bi + cj$ 型联系数的网络计划方法初探[J]. 系统工程与电子技术, 2000, 22(2): 29-31.
- [3] 黄德才, 赵克勤, 陆耀忠. 同异反网络计划的工期预测方法[J]. 系统工程与电子技术, 2001, 23(5): 24-27.
- [4] 张清河, 张云波. 不确定性网络计划的工序作业时间研究[J]. 华侨大学学报, 2002, 23(2): 142-146.
- [5] 赵克勤. 集对分析及其初步应用[M]. 浙江: 浙江科技出版社, 2000.
- [6] 张林凤. 同异反态势排序在体育系统工程中的应用[J]. 系统工程, 1998, 16(3): 70-72.
- [7] 卢厚清, 王宁是, 沈发鸿. 关于模拟综合评判取大取小算法问题的讨论[J]. 系统工程理论与实践, 2001, 21(4): 124-128.

(上接第 1188 页)

4.5 实验结果

采用上述方法, 对 124 幅图像进行仿真实验。其中, 正常状态下有 117 幅图像正确识别, 识别率为 94.3%; 迷糊状态下有 109 幅图像正确识别, 识别率为 87.9%; 闭眼状态下有 116 幅图像正确识别, 识别率为 93.5%。3 种状态中, 由于迷糊状态的界定标准无法统一, 所以识别率较低, 这可通过增加训练样本的数量及种类加以改进。睁眼、闭眼两种状态界定明显, 纹理区别较大, 识别率相对较高。在实际应用中, 由于只需测出驾驶员的眨眼频率, 应用睁眼、闭眼两种状态进行识别, 所以, 本文的结论完全可以应用到实践中去。

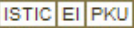
5 结 论

目前, 由于驾驶员疲劳驾驶导致的交通事故逐年递增。对驾驶员的驾驶状态进行监控, 是解决该问题的较好方案。本文给出的基于神经网络算法, 具有实时性好、准确率高等特点, 可为下一步对驾驶员驾驶状态实时监控方法的深入研

究提供有利的技术支撑。

参考文献:

- [1] Tian Ying li, Takeo Kanade, Cohn Jeffrey F. Eye-State Action Unit Detection by Gabor Wavelet[C]. ICMI 2000: 143-150.
- [2] Pentland A, Moghaddam B, Starne T. View-Based and Modular Eigenspace for Face Recognition[C]. Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Seattle, WA, USA, 1994: 84-91.
- [3] Yuille A, Hallinan P, Cohen D. Feature Extraction from Faces Using Deformable Templates[J]. Int. J. Computer Vision, 1992, 8(2): 99-111.
- [4] Turk M A, Pentland A. Face Recognition Using Eigenfaces[C]. Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Maui, HI, USA, 1991: 586-591.
- [5] Henry A R, Takeo Kanade. Neural Network-Based Face Detection[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(1): 23-38.

作者：[郭克友](#)，[储江伟](#)，[王荣本](#)
作者单位：[吉林大学交通学院](#), 吉林, 长春, 130025
刊名：[系统工程与电子技术](#) 
英文刊名：[SYSTEMS ENGINEERING AND ELECTRONICS](#)
年，卷(期)：2003, 25(10)
被引用次数：6次

参考文献(5条)

1. [Tian Ying li;Takeo Kanade;Cohn Jeffrey F](#) [Eye-State Action Unit Detection by Gabor Wavelet](#) 2000
2. [Henry A R;Takeo Kanade](#) [Neural Network-Based Face Detection](#)[外文期刊] 1998(01)
3. [Turk M A;Pentland A](#) [Face Reecognition Using Eigenfaces](#) 1991
4. [Yuille A;Hallinan P;Cohen D](#) [Feature Extraction from Faces Using Deformable Templates](#) 1992(02)
5. [Pontland A;Moghaddam B;Starne T](#) [View-Based and Modular Eigenspace for Face Recognition](#)[外文会议] 1994

引证文献(6条)

1. [刘鹏](#), [江朝晖](#), [熊进](#), [刘爱萍](#), [冯焕清](#) [用于驾驶疲劳检测的人眼定位及状态判别算法](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2010(24)
2. [李国军](#) [人脸识别中应用小波变换的三个关键问题](#)[期刊论文]-[计算机与现代化](#) 2009(1)
3. [杨秋芬](#), [桂卫华](#), [周书仁](#) [疲劳驾驶面部表情识别算法](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2008(10)
4. [杨秋芬](#), [桂卫华](#), [胡豁生](#), [周书仁](#) [基于ICA和HMM的疲劳驾驶眼部状态识别算法](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2008(27)
5. [余丹炯](#), [李训铭](#) [驾驶困倦预警系统中眼部状态识别的研究](#)[期刊论文]-[河海大学常州分校学报](#) 2007(2)
6. [王荣本](#), [郭烈](#), [顾柏园](#), [余天洪](#), [张明恒](#) [基于机器视觉的行车安全综合保障系统研究](#)[期刊论文]-[山东交通学院学报](#) 2006(2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xtgcydzjs200310003.aspx