

基于 Walsh 特征的快速人脸检测方法*

张 剑,李 坤,王润明

(湖南科技大学 信息与电气工程学院,湖南 湘潭 411100)

摘 要: 通过构造 Walsh 变换矩阵,得到相互正交且形状丰富的 Walsh 特征算子,将 Walsh 特征应用于快速人脸检测。Matlab 的仿真实验结果表明,由 Walsh 特征得到的强分类器比传统的 Haar 特征得到的强分类器分类速度快,精度高。

关键词: Walsh 特征; Haar 特征; 强分类器; 人脸检测

中图分类号: TP399

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)21-0034-03

A fast face detection method based on Walsh characteristics

Zhang Jian, Li Kun, Wang Runming

(School of Information and Electrical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411100, China)

Abstract: Through constructing Walsh transform matrix, Walsh characteristic operator is obtained and applied into the fast face detection. Matlab simulation results turns out that Walsh strong classifier is superior to the traditional Haar strong classifier in the respects of category speed and accuracy.

Key words: Walsh characteristics; Haar characteristics; strong classifier; face detection

人脸检测技术就是对所输入的图像进行检测,判断出图像是否存在人脸,如果存在,则返回人脸在图像中的确切位置和范围的技术^[1]。人脸检测是人脸识别系统中的关键的第一步,这一步所获得的精度与速度直接影响整个系统的性能^[2]。此外,人脸检测技术在人脸追踪、视频会议、基于内容的图像检索和人类情感研究系统中都有广泛的应用,而且具有重要的学术价值。人脸的自动检测具有一定的挑战性,主要有以下难点:(1)由于人脸是一类高度非刚性的目标,存在相貌、表情、肤色、姿态等差异;(2)人脸上很可能存在一些附属物,如眼镜、胡须、装饰品等;(3)人脸的姿态千变万化,并且可能存在遮挡物;(4)待检测的图像其性质的差异,如图像的分辨率、摄录器材的质量等;(5)光源的种类、强弱和角度的不同,其作用在人脸上所产生的性质不同的反射,造成不同区域的阴影。因此,人脸检测成为计算机视觉和模式识别领域内的一个研究热点^[3]。目前比较常用的人脸检测方式可以概括为基于知识、基于结构特征、基于模板匹配及基于统计模型的方法^[4]。本文将 Walsh 特征用于人脸检测是基于结构特征的一种方法。本文通过构

造 Walsh 变换矩阵,得到相互正交且形状丰富的 Walsh 特征算子,在相同情况下将 Walsh 特征与传统的 Haar 特征用于快速人脸检测,通过对比其各自的特点得出 Walsh 特征用于人脸检测的优越性。

1 Haar 特征与积分图计算方法

Haar 特征是 VIOLA 等提出的一种简单矩形特征,因类似于 Haar 小波而得名^[5]。Haar 特征的定义是黑色矩形和白色矩形在图像子窗口中对应区域的灰度级总和之差,可见,它反映了图像局部的灰度变化。VIOLA 等用到的 Haar 特征共有三类,图 1 显示了部分在图像子窗口起点位置处的 Haar 特征,其中第一、二行属于二矩形特征,第三行属于三矩形特征,第四行属于四矩形特征^[6]。在实际使用时,必须将每一特征在图像子窗口中进行滑动计算,从而获得各个位置的多个 Haar 特征。如果选用的训练图像分辨率为 24×24 ,每个图像得到用于训练的 Haar 特征超过 18 万个^[7],但是实际上不一定需要,因为过多的特征会大大加大训练过程的时间和空间复杂度,实际上过细的特征中也会引起过多的冗余,所以在选择特征时可适当放粗一些。

在实际检测过程中,为了加快 Haar 特征的计算,

* 基金项目:国家自然科学基金(60974048)

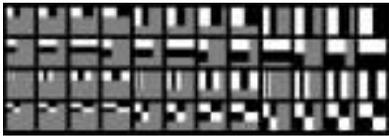


图1 Haar部分特征算法

VIOLA 等提出了积分图像的定义,灰度图像 F 的积分图像 I 定义为^[8]:

$$I(x, y) = \sum_{i,j=1}^{x,y} F(i, j) \quad (1)$$

使用积分图像,只是使用少量的加减法运算就可以计算出 Haar 特征,如图 2 所示。

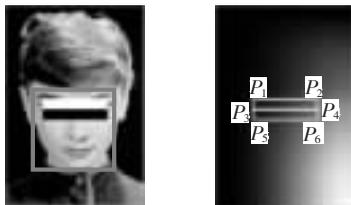


图2 使用积分图进行特征提取

图 2(b)是积分图,要计算图 2(a)中某个位置的某种特征,只需要采用积分图中的相应点的值进行加减法运算,图 2(b)特征数值 $d = P_4 + P_1 - P_2 - P_3 - (P_6 + P_3 - P_4 - P_5)$,这样可以大大节省计算时间^[9]。

通过对上述 Haar 特征的用于人脸检测的理论深入研究可以发现,从理论上来说,Haar 特征用于人脸检测,训练样本时间长,检测精度低,缺点明显。

2 Walsh 特征的构造与优点

2.1 Walsh 特征的构造

离散 Walsh 变换(Discrete Walsh Transform)是数字信号处理方面经常采用的一种正交变换,并且该变换同离散傅里叶变换一样,可以很好地反映数字信号的频率变化情况,而且变换矩阵只是由 1 和 -1 组成,可以较大程度减少计算量^[10]。Walsh 特征构造方法如下:

(1)设 Walsh 特征算子的高度、宽度分别为 m 、 n (必须是 2 的整数次方);

(2)分别构造 $m \times m$ 、 $n \times n$ 维的 Walsh 变换矩阵 H_m 、 H_n ;

(3)得到 Walsh 特征算子:

$$W_{i,j} = (H_m)_i^T \cdot (H_n)_j \quad (2)$$

其中, $(H_k)_t$ 表示 H_k 第 t 行向量, Walsh 变换矩阵 $H_k = (h_{i,j})$ 可以按照式(3)来构造:

$$h_{i,j} = wal(i, j) = \prod_{t=0}^{k-1} [R(t+1, j)]^{g(i)} \quad (3)$$

其中, $R(t+1, j)$ 是拉德梅克函数, $g(i)$ 是 i 的格雷码的第 t 位数字。为了在检测过程能够使用积分图计算方法进行加速,一般选用左上角的中低频特征。实验采用如图 3 所示的黑线框以内的 10 个形态(黑白位置分布),其中有几种特征形态和 Haar-Like 特征相似或一样。

2.2 Walsh 特征的优点

由于所有 $m \times n$ 维的 Walsh 特征算子都是相互正交,

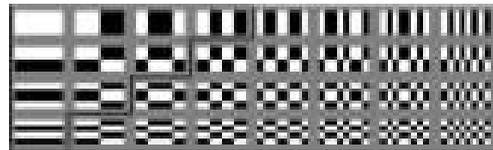


图3 一组 Walsh 特征

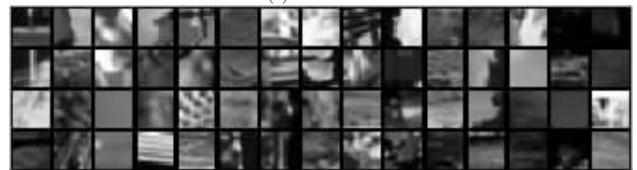
这意味着它对图像某个局部特征的提取不产生冗余,并且特征算子的形状比 Haar 特征算子的形状要丰富。另外, m 、 n 都要求是 2 的整数次方,所以对一幅训练图像而言,它的全部 Walsh 特征数是有限的,即 Walsh 特征的数量小于 Haar 特征的数量。在实际的 Haar 特征提取过程中,很多特征都非常相近,冗余很大,采用 Walsh 特征来代替 Haar 特征可以大大降低特征之间的冗余。

3 与 Haar 特征的对比实验

为了证明使用较少的 Walsh 特征也具备很好的分类特性,这里采用了 5 785 个 Walsh 特征和 14 091 个 Haar-Like 进行了对比实验,分类器学习算法 Real AdaBoost, 每个弱分类器按照其对应特征的数值被划分为 40 个区间。实验在 MIT-CBCL 库上进行,其训练库包含 2 429 个分辨率为 19×19 的配准人脸样本,覆盖各种肤色、遮挡、姿态、光照等情况;也包含 4 548 个分辨率为 19×19 非人脸样本,部分样本如 4 图所示,其中图 4(a)是人脸样本,图 4(b)是非人脸样本。使用 MIT-CBCL 训练库进行实验的原因是其中的人脸和非人脸图像具有一定的代表性,并且在实验中可以将训练库中的人脸和非人脸样本一分为二,使得训练样本和测试样本具有一定的相似性。另外,使用该库可以保证所有算法在同样的训练样本和测试样本下进行实验,以保证实验结果的可比性。



(a)人脸样本



(b)非人脸样本

图4 MIT-CBCL 库中的部分样本

在实验中,将所有样本分辨率放大到 20×20 并作标准化处理(每个样本中的所有元素的均值为 0,方差为 1),实验中使用了 3 种样本选择模式得到训练样本集和测试样本集:偶数编号训练、奇数编号测试(s_1);奇数编号训练,偶数编号测试(s_2);5 次随机选择 50% 样本训练,剩余样本测试,将 5 次结果叠加取平均(s_3)。实验环境为: Matlab7、P4 2.8 GHz CPU、1 GB 内存。在 MIT-CBCL 库上的实验结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,两种特

征训练得到的弱分类器数目相似,但是使用 Haar 特征时训练花费的时间却大大高于 Walsh 特征,且每种样本模式下的测试精度也比 Walsh 特征稍低。可见使用 Walsh 特征不仅可以加速训练过程,而且检测性能并没有下降。

表 1 MIT-CBCL 库上的实验结果

	Walsh 特征			Haar 特征		
	s1	s2	s3	s1	s2	s3
人脸检测率/%	97.53	96.98	96.62	97.37	96.62	96.46
非人脸误报数/个	55	61	64	57	65	69
弱分类器数/个	15	13	14	14	14	15
训练时间/s	30	23	28	65	63	69

以上的实验结果证明, Walsh 特征不仅没有降低检测精度,而且加快了训练速度,说明 Walsh 特征用于人脸检测比 Harr 特征用于人脸检测更加优越。本文基本达到了预期的目标。

参考文献

- [1] 苏景龙,林天威,王科俊,等.视频流下的人脸检测与跟踪[J].应用科技,2011(03):2-6.
- [2] 李伟生,张勤.基于局部线性嵌入和 Haar 小波的人脸识别方法[J].计算机工程与应用,2011,47(4):181-184.
- [3] 梁路宏,艾海舟,何克忠.基于多模板匹配的单人脸检测[J].中国图象图形学报,1999,4(10):823-830.
- [4] 周激流,张晔,郭晶,等.基于先验模板的人脸面部特征提取的研究[J].计算机辅助设计与图形学学报,

2000,12(5):337-339.

- [5] 姜军,张桂林.一种基于知识的快速人脸检测方法[J].中国图象图形学报,2002,7(1):6-10.
- [6] DAI Y, NAKANO Y. Face-texture model based on SGLD and its application in face detection in a color scene [J]. Pattern Recognition, 1996,29(6):1007-1017.
- [7] YOW K C, CIPOLLA R. Feature-based human face detection [J]. Image and Vision Computing,1997,15(9):713-735.
- [8] JENG S H, LIAO H Y M, HAN C C. Facial feature detection using geometrical face model: an efficient approach[J]. Pattern Recognition, 1998, 31(3): 273~282.
- [9] KONDO T, YAN H. Automatic human Face Detection and Recognition under non-uniform illumination [J]. Pattern Recognition, 1999,32:1707-1718.
- [10] HAN C C, LIAO H Y, YU G J, et al. Fast face detection via morphology-based pre-processing [J]. Pattern Recognition, 2000,33(10):1701-1712.

(收稿日期:2011-08-19)

作者简介:

张剑,男,1974年生,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向:图像信号处理与智能控制、测控技术。

李坤,男,1985年生,硕士,主要研究方向:图像处理。

王润民,男,1981年生,硕士,主要研究方向:图像处理。