

# 一种基于压缩域模板匹配的快速人脸检测算法

王剑峰

(重庆航天职业技术学院, 重庆 400021)

**摘要:**人脸的检测是人脸信息处理领域中的一项关键技术,在自动人脸识别系统、基于内容的图像检索、视觉监测、场景检测、新一代人机交互技术等领域具有广阔的应用前景。通过在压缩域利用DC系数重构图像,提出了改进的链码模板和通过训练产生角度模板来对候选区域进行搜索匹配和检测。实验结果显示,本方法在检测人脸的过程中速度快,漏检率较低,非常适合实时性要求高的人脸检测系统。

**关键词:**人脸检测;链码;模板匹配;压缩域;八方向

**中图分类号:**TP301.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2011)06-0116-03

## A New Face Detection Algorithm Based on Template Match in Compress Domain

WANG Jian-feng

(Chongqing Aerospace Vocational Technology College, Chongqing 400021, China)

**Abstract:** The face detection and tracking is the key technology in the field of face information processing, it widely applied in the fields of automated face recognition system, content based image retrieval, video monitoring, shortcut detection and human-machine alternative technology. Firstly, detect the skin area of one image with the statistics theory, next, convert these area into compress domain through discrete Walsh transform, lastly, propose the new eight directions chain code template and angle template to judge whether the face region or not. The experimental results show the superiority of the proposed algorithm in terms of human face retrieval precision and speed, it also very suitable for face detection system that requires the timeliness highly.

**Key words:** human face detection; chain code; template match; compress domain; eight directions

### 0 引言

人脸检测(face detection)是指对一副图像,采用某种算法、策略对图像内容进行检测,确定是否包含有人脸。在近些年的研究中,人们通过纹理、高斯密度、相关系数、直方图、形状、边缘等方法<sup>[1,2]</sup>来进行基于内容的图像检索并取得了一定的成果。人脸检测的算法有很多,其中具有代表性的有基于Gabor滤波、KPCA、颜色信息、器官或轮廓特征、局部特征、面部特征、颜色空间YCbCr的算法<sup>[3-7]</sup>;另外国内外对人脸检测问题的研究有很多,比较著名的有MIT, CMU等<sup>[8-10]</sup>;在这些算法中,有些检测效率低,有些精度低,应用起来比较困难。文中针对目前阻挠人脸检测精度和速度的一些主要因素,在现有研究的基础上,通过在压缩域利用

DC系数重构图像,提出了改进的链码模板和通过训练产生角度模板来对候选区域进行搜索匹配和检测。

### 1 算法设计

#### 1.1 链码简介

链码用于表示由顺次连接的具有指定长度和方向的直线段组成的边界线;常用的链码表示方法有4向链码和8向链码两种(如图1所示)。链码在边界检测中有很广泛的应用,它既可以用来表示相邻边界点间的位置关系,又可以控制在检测过程中各点的顺序。通过链码可以唯一确定一条边界曲线的起始点和终点;另外,由曲线起始点和链码编码也可以重建曲线;如图2中,曲线的链码表示就是(5650671012342)。

在实际应用和表示中,一些图像(如文中的人脸)可能会发生一些变化,如旋转、挤压等,在这种情况下,链码的表示方法也随之发生变化。设曲线的链码表示为 $C_{i=1, \dots, n} a_i = a_1 a_2 a_3, \dots, a_n$ ,其中 $a_i \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ ,则当曲线逆时针方向旋转 $m$ 个45度时,可用式(1)来表示,式中 $(a_i + m)$ 是模为8的加法:

收稿日期:2010-11-15;修回日期:2011-02-19

基金项目:2011年重庆市教委科技项目(KJ113201);2010年重庆市高等教育教学改革重大项目(101404);中国航天科技集团第七研究院青年科技创新项目

作者简介:王剑峰(1982-),男,硕士,讲师,主要研究方向为数字图像处理与高职改革。

$$\prod_{i=1}^n C_{a_i}(45^\circ \times m) = (a_1 + m)(a_2 + m) \cdots (a_n + m) \quad (1)$$

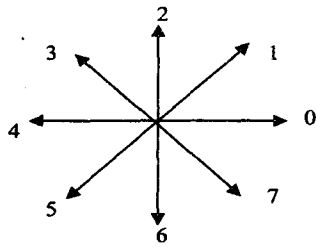


图1 链码指向图示

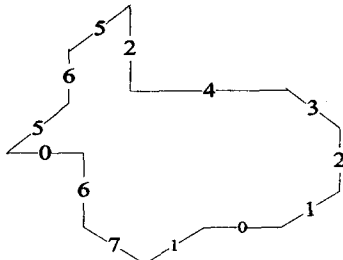


图2 链码编码图示

1.2 改进的八方向链码表示法

在文中利用 DC 系数重构图像,大大缩小了图像的尺寸,为了方便及检测精度的提高,将图1中的表示进行改进,将图1中的八个方向建立在直角坐标系中,从0到1(也即从0到 $\pi/4$ )编码为1,从1到2(也即从 $\pi/4$ 到 $\pi/2$ )编码为2,以此类推,具体编码方式见表1,公式(1)则由公式(2)取代。

表1 改进的链码编码方式

角度	方向	链码编码值
0 ~ $\pi/4$ (包含 $\pi/4$ )	↗	1
$\pi/4$ ~ $\pi/2$ (包含 $\pi/2$ )	↑	2
$\pi/2$ ~ $3\pi/4$ (包含 $3\pi/4$ )	↖	3
$3\pi/4$ ~ $\pi$ (包含 $\pi$ )	↙	4
$\pi$ ~ $5\pi/4$ (包含 $5\pi/4$ )	↓	5
$5\pi/4$ ~ $3\pi/2$ (包含 $3\pi/2$ )	↘	6
$3\pi/2$ ~ $7\pi/4$ (包含 $7\pi/4$ )	↗	7
$7\pi/4$ ~ 0 (包含 0)	→	8

$$\prod_{i=1}^n C_{a_i}((\alpha + 45^\circ) \times m) = (a_1 + m)(a_2 + m) \cdots (a_n + m) \quad (2)$$

其中  $a \in (k\pi/4, (k+1)\pi/4)$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots, 8$

1.3 链码模板训练

训练和测试了人脸图像库中的部分图像(120幅,分辨率 $480 \times 640$ ),其中包括有男、女、老、少、胖、瘦等各种类型的人脸,具有代表性。根据左右对称性,在训

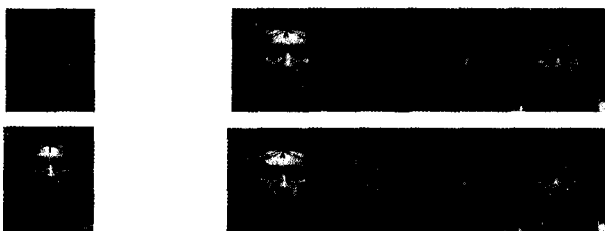


图3 模板建立示意图

练这些图像时,确定九个点(下巴、上额头,左右耳朵上部、下部,左右嘴角外部)作为链码曲线的扫描点,将上额头(A点)作为起点,按逆时针方向产生链码模板(见图3)。根据前文提出的改进思想,得到参考模板(如图4所示),人脸较瘦的为模板1,人脸较胖的为模板2。编码分别是(567782234)和(567881234)。

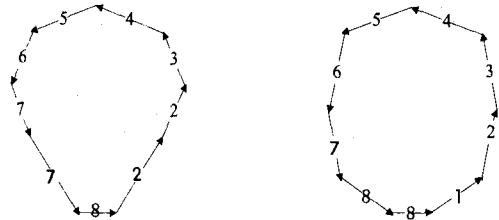


图4 人脸模板

1.4 角度模板训练

文中利用角度模板训练和测试了人脸图像库,库中图像包含各种类型的人脸图像,具有很强的代表性。人脸的5个重要点(两个眼角点,一个鼻尖点,两个嘴角点)通过积分投影法<sup>[11]</sup>进行了确定,定义两个眼角点和鼻尖点的夹角(设为 $\alpha$ ),两个嘴角点和鼻尖点的夹角(设为 $\beta$ )来判断人脸图像。通过大量的测试和训练,这两个夹角大致为 $\alpha \in (100^\circ, 125^\circ)$ ,  $\beta \in (60^\circ, 80^\circ)$ 。

1.5 通过模板匹配检测人脸

文中利用前文(1.3和1.4)得到的模板(链码模板1(编码为567782234)、链码模板2(编码为567881234)和角度模板 $\alpha$ 、 $\beta$ )对被检测图像在压缩域中重建的肤色图像进行模板匹配检测,若候选图像满足模板1或模板2的编码且 $\alpha \in (100^\circ, 125^\circ)$ ,  $\beta \in (60^\circ, 80^\circ)$ ,则被判定为人脸图像。

2 实验对比

本算法首先和文献[12]测试对比检测精度和速度;再使用 Fisher 判别函数来比较本算法和文献[12]的优劣,建立两组图像测试集:第一组为简单背景的正人脸检测测试集(简称测试集1)和复杂背景测试集(简称测试集2),测试集1中图像的分辨率为 $480 \times 640$ ,主要是人物登记照;测试集2的图像全部由照相机拍摄(分辨率 $3408 \times 2272$ ),图像均为半身和全身照片,具有较为复杂的背景,光照变化较大,大多数存在房屋、树木、汽车、固定建筑等物体。和文献[12]的对比实验结果如表2所示。

表2 实验对比数据

测试图像	正确检测数	漏检数	正确检测率	检测时间(t)
文中方法 测试集1	199	1	99.5%	1.42s
文献[12] 测试集1	196	4	98%	1.55s
文中方法 测试集2	54	6	90%	8.33s
文献[12] 测试集2	44	14	73%	12.29s

通过表 2 的实验数据,可以看出,在测试集 1 中,文中算法正确检测出 199 幅人脸图像,检测精度接近 100%,由于人脸的受光较暗而且脸部有明显变形造成了唯一的漏检,文献[12]的检测精度相对于文中算法都较低;在测试集 2 中,由于图像的分辨率较大,背景复杂,检测精度有所下降,但都比文献[12]的方法要好。在测试集 1、2 中,文中算法的检测速度和效率都比文献[12]高,主要原因是在压缩域中进行运算,不用完全解码,大大提高了检测速度。但文中的算法也存在一些缺点:如在人脸没有正面面对镜头、光照较暗、背景复杂、变形较大的情况下就容易产生漏检。

另外文中使用 Fisher 判别函数测试相关的性能,比较对象是文献[13],原始 Fisher 判别函数定义为:两类待分类的样本集  $\chi_1 = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}, \alpha \in (1, 8), \chi_2 = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ ,在文中,将  $\chi_1$  和  $\chi_2$  分别代表链码模板和角度模板,其中样本集均值为:

$$m_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N \chi_{nk} \quad (N = 8) \quad (3)$$

则样本集内散射度为:

$$S_n^2 = \sum_{k=0}^N |\chi_{nk} - m_n|^2 \quad (N = 8) \quad (4)$$

$\chi_1$  与  $\chi_2$  样本间的散射度定义为:

$$D = |m_1 - m_2|^2 \quad (5)$$

最后,Fisher 判别式为:

$$F = \frac{S_1^2 + S_2^2}{|m_1 - m_2|^2} \quad (6)$$

在判别式中,量化后的分子越小则说明两个模板的相似度高,分母说明模板之间的匹配程度和受图像变化的影响程度,越大越好。选择了五幅人脸图像(包括胖、瘦、老、少、侧面)作为实验图像,文中和文献[12,13]的对比测试数据  $m_1, m_2, s_1, s_2, f$  归一化后的结果如表 3 所示。

表 3 和文献[12,13]实验对比数据

	序号	$m_1$	$m_2$	$S_1$	$S_2$	F
文中算法	1	0.811	0.232	0.092	0.332	0.3529
	2	0.921	0.330	0.187	0.249	0.3161
	3	0.553	0.924	0.113	0.502	1.9236
	4	0.398	0.887	0.156	0.218	0.3005
	5	0.762	0.104	0.276	0.301	1.9687
文献[12]	1	0.622	0.177	0.215	0.335	0.356
	2	0.571	0.301	0.451	0.425	1.422
	3	0.753	0.276	0.342	0.603	1.007
	4	0.612	0.202	0.402	0.498	0.99
	5	0.288	0.094	0.592	0.497	1.2094
文献[13]	1	0.686	0.245	0.348	0.420	1.5300
	2	0.241	0.541	0.524	0.313	4.1393
	3	0.745	0.470	0.412	0.298	3.4173
	4	0.339	0.600	0.309	0.345	3.1489
	5	0.767	0.298	0.198	0.499	1.3102

### 3 结束语

人脸检测是视频检测、图像检索、模式识别的关键技术,在生产、生活的各个领域有着广泛的应用。压缩域人脸检测技术在多媒体信息处理领域的研究较少,而图像视频数据爆炸式增长,对图像和视频进行压缩是必然的,因而在压缩域内进行信息分析是非常必要的。

文中针对目前阻挠人脸检测精度和速度的一些主要因素,在现有研究的基础上,通过在压缩域利用 DC 系数重构图像,提出了改进的链码模板和通过训练产生角度模板来对候选区域进行搜索匹配和检测。文中的方法检测速度快、精度高,适合实时性要求高的人脸检索系统。

#### 参考文献:

- [1] 王剑峰. Combined distance and correlation measurement for content-based image retrieval [J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(10): 32-35.
- [2] 王剑峰, 刘自昆. 基于纹理和高斯密度特征的图像检索算法 [J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(19): 113-117.
- [3] 时书剑, 马燕. 基于 Gabor 滤波和 KPCA 的人脸识别方法 [J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(4): 92-95.
- [4] Maio D, Maltoni D. Fast face detection in complex backgrounds [M] // Face Recognition from Theory to Applications. New York: Springer-Verlag, 1998.
- [5] Anil K J. Face detection in color images [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(5): 696-706.
- [6] Han Chin-Chung. Fast Face Detection Via Morphology-based Pro-processing [J]. Pattern Recognition, 2000, 33(10): 1701-1712.
- [7] 曲延峰, 李卫军. 复杂背景下多姿态人脸快速检测算法 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004(1): 45-50.
- [8] 王建国, 王江涛. 基于新颜色空间 YCgCr 的人脸检测与定位 [J]. 计算机科学, 2007, 34(9): 221-223.
- [9] Liang L H, Xu G Y. A general framework for face detection [C] // Proc the 3rd Conference on Multimodal Interfaces, Lecture Notes in Computer Science. [s. l.]: [s. n.], 2000: 119-126.
- [10] 刑昕, 汪孔桥. 基于器官跟踪的人脸实时跟踪方法 [J]. 电子学报, 2007, 28(6): 29-31.
- [11] 胡静俊, 陈国斌. 基于曲率和积分投影的人脸特征检测 [J]. 江南大学学报(自然科学版), 2006(6): 54-59.
- [12] 胡峰松, 张茂军, 邹北骥, 等. 基于 HMM 的单样本可变光照、姿态人脸识别 [J]. 计算机学报, 2009(7): 1424-1433.
- [13] 陈慧静, 夏小玲. 基于形状上下文的人脸匹配算法 [J]. 计算机工程, 2009, 35(3): 208-210.