

基于 PAD 理论的人脸情感识别

曹 洁 彭 皓 王 宏 胡 珀

(清华大学智能技术与系统国家重点实验室,北京 100084) (清华大学计算机科学与技术系,北京 100084)

摘 要 情感计算的一个重要任务是情感建模。提出了在人脸情感的视觉识别范畴中基于 PAD 理论的情感建模。根据 Mehrabian 提出的 PAD 3 维情感理论,建立了 EBM(emotional block model)模型,进行了非典型情感识别的尝试。采用 88 特征点的 Gabor 特征和 SVM 算法在 Cohn-Kanade 数据集上进行了非典型情感识别以及典型情感识别的实验,并就典型情感的识别与基本情感模型比较。实验结果表明,无论是识别非典型情感还是典型情感,基于 PAD 理论建立的情感模型都是可靠的。在会聚度高的情感子空间上的识别率比会聚度低的情感子空间高。

关键词 人脸情感识别 PAD 理论

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)05-759-05

PAD Based Facial Emotion Recognition

CAO Jie, PENG Hao, WANG Hong, HU Po

(State Key Laboratory on Intelligent Technology and Systems, Tsinghua University, Beijing 100084)

(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract An important task of affective computing is to build computable emotional models. In our study, PAD theory is used and EBM (emotional block model) is built and verified in facial emotion recognition area. 88 points based Gabor feature and SVM (support vector machine) classifier are used to verify this model on Cohn-Kanade dataset. Non-basic and basic emotions are recognized with EBM model in our experiment, and the advantage and disadvantage are compared with PAD based models and traditional basic emotional models. Experimental results show that EBM is reliable. The result is better in high-convergent emotional block than in low-convergent emotional block.

Keywords facial emotion recognition, PAD (pleasure arousal dominance) theory

1 引 言

情感计算最早的提出可以追溯到人工智能创始人之一、1970 年图灵奖获得者、美国麻省理工学院的 Minsky 教授在“脑智社会(the society of mind)”专著中的论述:“问题不在于智能机器能否有情感,而在于没有情感的机器能否实现智能”^[1]。近年来,情感计算得到了很大的发展。

情感计算最基本的研究为定义情感的测量方

法。在不同的领域中,情感的测量需求也不尽相同。在人脸情感识别方面,国内外的研究通常是基于由 Izard 提出的因素情感理论^[2]的延伸——基本情感模型。20 世纪 70 年代,Ekman 等人提出了 6 类基本情感^[3]。此后,几乎绝大部分对人脸部情感的研究都是围绕着基本情感模型展开。其中,具有代表性的有 Bartlett 使用 Gabor 特征与 Adaboost + SVM 分类器的人脸情感识别^[4], Shan 等人选用 LBP (local binary patterns) 特征进行人脸情感识别^[5], Abboud 等人提出了基于 AAM (active appearance

基金项目:国家自然科学基金项目(60433030)

收稿日期:2008-12-15;改回日期:2009-01-12

第一作者简介:曹 洁(1984 ~),女。清华大学计算机科学技术专业硕士研究生。主要研究方向为计算机视觉与模式识别。

E-mail:j-Cao 03@mails.tsinghua.edu.cn

models)^[6]进行分析。他们都是以基本情感模型作为基础,基于视觉和模式识别的方法进行研究。

Bartlett 提出的使用 Gabor 特征与 Adaboost + SVM 方法是目前应用比较广泛的表情检测方法。他用此方法在 Cohn-Kanade 数据集上进行基本表情测试,能够达到 93% 的识别率^[4]。

基本情感划分的优点在于模型简单,具有代表性,易于检测。然而,这种模型有其局限性。如对于非 6 类基本情感的其他情感难以识别,难以表达出混合情感,难以对情感的强烈程度进行研究等。

相对于基本情感模型, Du 等人在人脸情感识别研究时,提出了将人脸从特征空间直接映射到 2 维情感空间上的方法^[7]。这种模型用连续的 2 维空间表达情感空间,与类别说的情感相比,更加丰富了情感的表达。

Mehrabian 提出了 PAD(pleasure arousal dominance) 3 维情感模型^[8]。它在 2 维情感模型的基础上多加了 1 维优势度。中国科学院心理所根据 Mehrabian 的 PAD 量表,提出了简化的中文 PAD 量表^[9],本文主要采用这个量表进行相关的实验研究。

Bittermann 将 PAD 模型和基本情感模型分别识别,比较后得出结论,PAD 模型更加适合于作为测量情感的手段^[10]。

本文尝试结合 PAD 理论进行新的人脸情感识别研究,根据 Mehrabian 的理论提出了 EBM (emotional block model) 模型,并采用 Bartlett 的方法,即应用 Gabor 特征和 SVM (support vector mechine) 分类器在 Cohn-Kanade 数据集上进行 EBM 模型的各类情感识别验证。为 PAD 理论在人脸情感识别中的应用打下了理论基础。

2 基于 PAD 理论的非典型情感识别

2.1 EBM 建模

基于 PAD 理论模型与基本情感模型的一个重要区别在于前者可以识别非典型情感而后者无法识别。

为了充分发挥 PAD 理论的优势,建立了 EBM 模型。此模型的假设如下:

- (1)认为每一种情感子空间均服从高斯分布。
- (2)认为每一种情感都具有一定的范围,在 PAD 空间的映射则是一个块状的子空间。
- (3)每个情感子空间的中心表示此情感的类

别,而半径表示属于此情感的强度。
Tao 的研究为 EBM 模型的假设提供了理论基础。该研究使用高斯模型去匹配 PAD 数据库,在整个 PAD 空间上直观地将不同的情感聚类成了如图 1 所示的不同椭球。

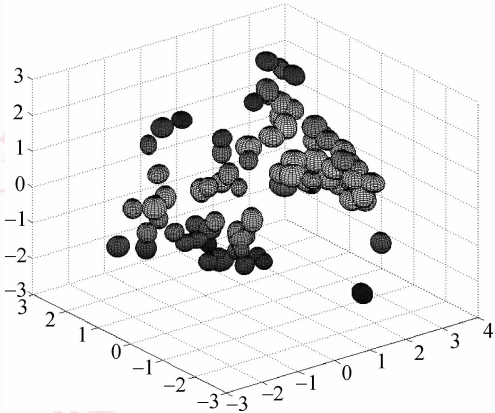


图 1 PAD 3 维空间上的聚类结果
Fig. 1 The Clustering in PAD Space

2.2 采用 EBM 进行非典型情感识别

为了研究 EBM 模型在人脸情感识别上的优势,选取了 6 种 PAD 量表上的非典型情感并且用 EBM 模型加以识别。

在 Tao 的研究中从聚类的情感中选取了 6 种非基本情感,其在 PAD 空间中的聚类情况如图 2 所示(聚类半径做了归一化)。

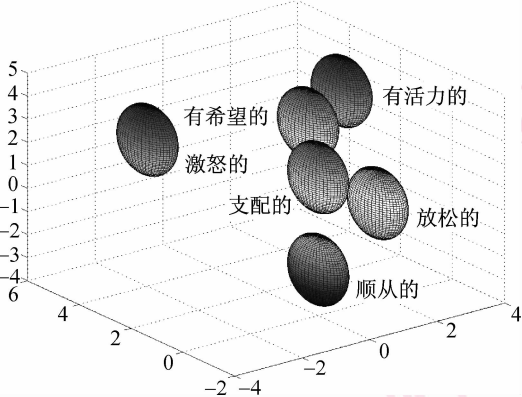


图 2 PAD 3 维空间上的 6 种非基本情感
Fig. 2 The six non-basic emotions in PAD Space

应用 EBM 模型将“愤怒的、有活力的、支配的、顺从的、放松的、有希望的”这 6 种非基本情感进行重新定义划分,如表 1 所示。

从表 1 中可以看出,由于情感块的会聚性不同,导致每个情感块定义的大小不尽相同。比如“愤怒

表 1 情感块的划分
Tab.1 The emotion block

情感块	PAD 空间半径	PAD 空间中心
愤怒的	$P < -2, A > 2, D > 2$	$(-2.6, 3.2, 3)$
有活力的	$P > 2, A > 2, D > 2$	$(3, 3, 3)$
支配的	$D > 0$	$(0, 0, 2)$
顺从的	$D < 0$	$(0, 0, -2)$
放松的	$P > 0, A < 2, D > 0$	$(1, -1, 1)$
有希望的	$P > 0, A > 2, D > 0$	$(2, 3, 2)$

的”这个情感块比“支配的”情感块会聚性好,所以在重新定义情感块时会聚性好的情感定义的半径较小。

首先让 5 个受试者使用人眼区分这 6 个情感块的情感。给每个受试者每类 53 张来自 Cohn-Kanade 数据库的人脸图片,使其人眼判断是否属于某一类情感。人眼识别的平均正确率如表 2 所示。

表 2 情感块的人眼识别率
Tab.2 The recognize rate of emotion block

单位: %	
情感块	人眼识别率
愤怒的	95
有活力的	90
支配的	67.7
顺从的	72.3
放松的	90.1
希望的	73.3

从表 2 中可以看出,会聚性好的情感块,如愤怒的和有活力的,在人眼区分时容易识别,而会聚性不好的情感块即使在人眼区分时也并不容易识别。

采用人脸 88 特征点的 Gabor 特征,88 特征点如图 3 所示。对每个特征点抽取 5 尺度 8 方向的 Gabor 特征,组成高维特征向量。

设图像坐标为 $\mathbf{x} = [x_1 \ x_2]^T$,则 Gabor 滤波的冲激响应如式(1)所示。

$$g_{m,n}(\mathbf{x}) = \frac{1}{2\pi a_n b_n} \exp\left(-\frac{1}{2} \mathbf{x}^T \mathbf{A}_{m,n} \mathbf{x}\right) \exp(j(\mathbf{k}_0)^T \mathbf{x})$$

(1)

式中, g 代表冲激响应,下标 m, n 分别代表 Gabor 滤波器的方向和尺度,矩阵 $\mathbf{A}$ 确定 Gabor 滤波器带宽

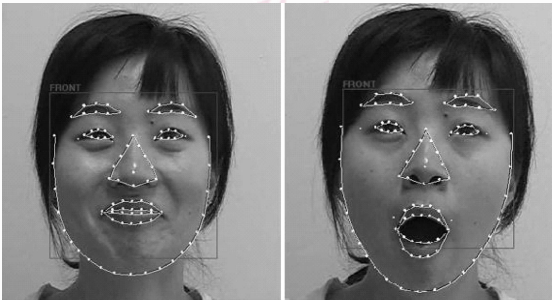


图 3 人脸 88 特征点
Fig.3 88 Feature Points

和方向选择性, $\mathbf{k}$ 代表调制频率向量。

在应用 SVM 分类器分类时做了调整,认为在情感块范围内的标注值的情感数据为类别 1,不满足的为类别 2,使用 SVM 二分类,分别识别 6 类情感块。

在 Cohn-Kanade 数据库上进行了自动识别的实验。使用 70 个人的情感空间块作为训练集,使用 27 个人的情感空间块作为测试集,最终自动识别率如表 3 所示。

表 3 情感块的自动识别率
Tab.3 The recognize rate of emotion block

单位: %	
情感块	人眼识别率
愤怒的	92.82
有活力的	85.52
支配的	57.24
顺从的	63.31
放松的	82.54
希望的	61.55

从表 3 中可以看出,会聚性好的情感块,如“愤怒的”,“有活力的”,“放松的”识别正确率可观,与人眼识别率基本一致。虽然有一些情感块正确率只在 60% 左右,如“支配的”,“顺从的”,但它们本身会聚性不好,即使人眼识别效果也不佳。

将用算法识别失败的图片与人眼识别失败的图片进行了比较,算法识别失败的图片中,人眼识别失败的图片中占有的比例如表 4 所示。

从表 4 中可以看出,应用 EBM 模型的算法检测失败的图片大部分都是人眼所判断失误的情感块。说明这部分数据本身分类就比较模糊。

表 4 算法识别失败图片中人眼识别失败图片的比例
Tab.4 The rate of failed image 单位: %

情感块	失败图片比例
愤怒的	90.1
有活力的	83.3
支配的	85.2
顺从的	84.4
放松的	87.2
希望的	93.1

从实验结果中可以看出,EBM 模型能在识别非典型情感中有较好的应用。另外,会聚性好的情感块在检测中效果比会聚性差的情感块好。

2.3 EBM 与基本情感模型的对比

EBM 模型可以表达绝大多数情感,这使非典型情感的识别与检测成为了可能。同时人们也会关心在 EBM 模型在表达典型情感时,其性能与成熟的基本情感模型相比有多大的差别。

基于上述考虑,使用 EBM 模型表达基本情感块。在 Tao 的研究中从聚类的情感中选取了 4 种基本情感,其在 PAD 空间中的聚类情况如图 4 所示(聚类半径做了归一化)。

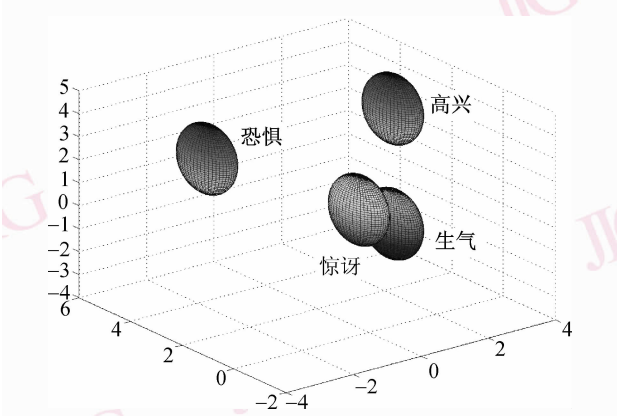


图 4 PAD 3 维空间上的 4 种基本情感
Fig. 4 The four basic emotions in PAD Space

其对比实验算法设计如下:

(1)在 EBM 模型下表示 4 种代表性的基本情感块。

提出了如表 5 的情感块的划分。如同非基本情感块的划分一样,基本情感的会聚程度也不一样,故在情感块的划分中,块与块的大小定义不一致,会聚度高的情感块半径定义较小。

表 5 情感块的划分
Tab.5 The emotion block

情感块	PAD 空间半径	PAD 空间中心
高兴	$P > 2, A > 2, D > 2$	(3, 3, 3)
生气	$P < -2, A > 2, D > 2$	(-2.5, 3, 3)
惊讶	$P > 0, A > 2, D < 2$	(2, 3, -1)
恐惧	$P < -2, A > 2, D < 0$	(-3, 3, -2)

(2)分别用同样的特征,同样的数据集,同样的分类器测试两种模型的识别正确率。对比实验结果如表 6 所示(数据集选用 Cohn-Kanade 数据集)。

表 6 对比实验结果
Tab.6 The comparison of results 单位: %

情感块/基本情感	EBM 建模的情感块	基本情感表示
高兴	90.8	90.3
生气	87.3	89.1
惊讶	85.1	85.5
恐惧	90.6	85.7

从实验结果中可以看出,基于 PAD 理论的 EBM 模型在表示基本情感的情感块时,也能达到与基本情感模型相近的识别率。这说明 EBM 模型不但能涵盖基本情感模型的 7 类情感,而且包含了更加广泛的情感识别范围。

3 结 论

本文致力于基于 PAD 理论的情感模型在人脸情感视觉识别方面的基础研究。提出了基于 PAD 理论的 EBM 情感表达模型,用以进行非典型表情的识别,并选取了 PAD 量表上的 6 个感情块,在 Cohn-Kanade 数据库上进行实验,获得了较为满意的结果。其中“激怒的”、“放松的”和“有活力的”3 个感情块识别率都比较高。另外,虽然有些感情块识别率较低,如“支配的”,但通过人眼识别实验表明这些感情块因为会聚性低本身就不容易识别。

基于 PAD 理论的情感模型使得识别非基本情感成为可能。PAD 理论在人脸情感识别方面尚有很大的潜力。

致 谢 特别感谢蔡莲红老师,陶霖密老师,傅小兰老师,刘烨老师,艾海舟老师等在研究期间给予的帮助。

参考文献 (References)

1 Minsky M. The Society of Mind [M]. New York, NY, USA: Simon and Schuster,1986.

2 Izard C E, Human Emotions [M]. New York, NY, USA: Springer, 1977.

3 Ekman P, Friesen W V. Constants across cultures in the face and emotion[J]. Journal of Personality Social Psychol, 1971 ,17 (2) : 124-129.

4 Bartlett M S, Littlewort G, Fasel I, *et al.* Real time face detection and facial expression recognition: development and applications to human computer interaction [A]. In: Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition [C], Vancouver, Canada,2003 ;53-59.

5 Shan Cai-feng, Gong Shao-gang, Peter W M. Robust facial expression recognition using local binary patterns [A]. In: Proceedings of International Conference on Image Processing [C], Genoa, Italy, 2005 ;370-373.

6 Abboud B, Davoine F, Dang Mo. Facial expression recognition and synthesis based on an appearance model [J]. Signal Processing: Image Communication, 2004 ,10 (8) :723-740.

7 Du Yang-zhou, Bi Wen-yuan, Wang Tao, *et al.* Distributing expressional faces in 2-D emotional space [A]. In: Proceedings of ACM International Conference on Image and Video Retrieval [C], Amsterdam, The Netherlands,2007 ;395-400.

8 Mehrabian A, Pleasure-arousal-dominance: a general framework for describing and measuring individual differences in temperament [J]. Current Psychology: Developmental, Learning, Personality, Social 1996, 14 (4) : 261-292.

9 Li Xiao-Ming, Zhou Hao-tian, Song Sheng-zun, *et al.* The Reliability and Validity of the Chinese Version of Abbreviated PAD Emotion Scales[A]. In: Proceedings of Affective Computing and Intelligent Interaction [C], Beijing, China,2005 ;513 - 518.

10 Bittermann A. On the evaluation of emotion expressing robots[A]. In: Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation[C], Roma, Italy, 2007 ;2138-2143.