

# 基于情绪图片的 PAD 情感状态模型分析

刘 焯<sup>1)</sup> 陶霖密<sup>2)</sup> 傅小兰<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> (中国科学院心理研究所脑与认知科学国家重点实验室, 北京 100101)

<sup>2)</sup> (清华大学计算机科学与技术系, 北京 100084)

**摘 要** 针对情感计算领域的情感描述和测量问题,系统分析了情感的范畴观和维度观在情感计算领域中的意义。采用传统的心理测量方法,通过分析人们对 330 张图片在 16 个情绪维度上的评分,综合评价已有心理学研究中所涉及的众多维度,构建了 2 维和 3 维情感空间,指出了 3 个维度的本质、对人类情感信息的表达精度和相应的命名方法。实验结果表明,情绪范畴在 3 个情感空间中可以很好地分离开来,而且它们在情感空间中的分布可以非常直观地展示出各个基本情绪范畴之间的关系。这一结果证明 3 维情感空间可以充分地表达和量化人类情感,是情感计算研究的基础。

**关键词** 情感计算 情感测量 维度观 PAD 情绪维度

**中图法分类号** TP391.41 **文献标识码** A **文章编号**: 1006-8961(2009)05-753-06

## The Analysis of PAD Emotional State Model Based on Emotion Pictures

LIU Ye<sup>1)</sup>, TAO Lin-mi<sup>2)</sup>, FU Xiao-lan<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> (State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

<sup>2)</sup> (Department of Computer, Tsinghua University, Beijing 100084)

**Abstract** The study addressed the emotion measurement in affective computing area, and construed the significance of the discrete emotional categories approach and the dimensional approach. The traditional psychological measurement method was used to collect the rating scores of 330 pictures on 16 emotional dimensions proposed by the previous psychological research. The results showed PAD (Pleasure-Arousal-Dominance) dimensions were sufficient and essential to represent the emotional states. The study further proposed the dimensional approach is based on the quantitative analysis, and it is the main approach to solve the computability of emotions. The model of PAD dimensions is essential to promote the affective computing research.

**Keywords** affective computing, emotion measurement, the dimensional approach, PAD dimensions

## 1 引 言

随着计算机科学的飞速发展,如何使计算机能够识别和产生人类的情绪、情感,已经越来越多地受到计算机科学、心理学等学科的关注,逐渐诞生了情

感计算这一交叉领域。但是迄今为止,情感计算领域尚未有关于情绪或者情感表征和结构的系统论述,也缺乏对情感可计算问题的讨论。情绪情感体验是一种内在的、主观的感受,如何能够将其准确、有效的量化,是情感计算研究所要解决的一个根本问题。

**基金项目**: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2006CB303101); 国家自然科学基金委项目(60433030, 60873266); 青年科学基金项目(30700233); 中国科学院心理研究所青年科学基金(07CX132013)

**收稿日期**: 2009-02-15; **改回日期**: 2009-02-27

**第一作者简介**: 刘 焯(1979 ~ ), 女。中国科学院心理研究所助理研究员, 2005 年获得中国科学院心理研究所基础心理学博士学位。主要研究方向为人类知识表征与隐喻理解、情绪测量与情感计算。E-mail: liuyue@psych.ac.cn

心理学领域有关情绪情感体验的理论观点主要有两类:范畴观和维度观。持范畴观的心理学家将情绪或者情感分成相互独立的范畴,这些相互离散的情绪范畴在外部表现、生理唤醒模式上都存在一定的差异<sup>[1]</sup>。维度观则认为情感具有基本维度和两极性。例如,近代科学心理学之父威廉·冯特(Wilhelm Wundt)提出情感的 3 维说,认为情绪情感有 3 个维度组成,每个维度的变化幅度都存在两种相互对立的状态<sup>[2]</sup>。

### 1.1 情绪的范畴观

用高兴、悲伤、愤怒等词汇来描述人类的情绪和情感由来已早。中国古代名著《礼记》中已有“七情”的分类法。而最早开展该领域科学研究的人,当属达尔文。达尔文在他的《人与动物情绪的表达》一书中<sup>[3]</sup>,对情绪和情感的描述和分析,同样按照分类的取向展开。随后, Izard 从人类进化和个体发展的角度,进一步划分了基本情绪和复合情绪<sup>[4-5]</sup>。对情绪进行分类是一种符合人类直觉,快捷而有效的方法。但是,究竟有多少情绪范畴才足以描述人类的情感,研究者并没有达成一致。不同的心理学家甚至对基本情绪应该包含哪些情绪范畴也持有不同的看法<sup>[1]</sup>。

对于情感计算研究,基于范畴观来描述和测量情感的优势主要有两点。首先,用情绪范畴描述情绪和情感符合人们的直觉和常识,有利于情感计算的成果在现实生活中的推广和应用。其次,基于情绪范畴来进行情感计算,有利于智能系统在识别情绪后,进一步推理与之相联系的特定心理功能和可能的原因,然后做出适当的响应。例如,当用户在完成某项作业时表现出烦躁的情绪,智能系统由此可以推测用户遇到了难题,然后给予适当的提示和询问,协助用户解决问题。

与此同时,范畴观也给情感计算研究带来了制约和问题。首先,哪些情绪范畴对于情感计算来说是必要的,目前研究者对此并没有统一的认识。不同的研究者基于自身的研究兴趣关注不同的情绪范畴。其次,情绪范畴是对情绪的定性描述,无法用量化的数字表达主观的情绪体验。不能有效地量化主观的情绪情感体验,情感计算就无从谈起。

### 1.2 情绪的维度观

威廉·冯特最早明确地提出情感的 3 维说,认为情绪情感由 3 个维度组成:愉快-不愉快(pleasure-displeasure),激动-抑制(excitement-inhibition),紧

张-松弛(tension-relaxation),每个维度的变化幅度都存在两种相互对立的状态,而且维度的变化是连续的心理过程<sup>[2]</sup>。冯特认为这些维度不但可以用来描述情绪情感,而且可以描述所有的意识体验(conscious experience),如对颜色、味道、气味和温度的感觉。随后, Schlosberg 提出了情绪的 3 维模型<sup>[6]</sup>,而 Izard 提出情绪的 4 个维度模型<sup>[7]</sup>。

Osgood 的研究发现,情绪体验可以从以下 3 个维度进行评价:评价(evaluation)、力度(potency)、活跃性(activity)<sup>[8]</sup>。Mehrabian 和 Russell 基于 Osgood 的思路,采用语义差异的评价方法,将情绪的 3 维修订为愉悦度(pleasure-displeasure),表示个体情感状态的正负特性;激活度(arousal-nonarousal),表示个体的神经生理激活水平;优势度(dominance-submissiveness),表示个体对情境和他人的控制状态<sup>[9-11]</sup>。该模型简称为 PAD 情绪模型。PAD 情绪模型不但给出了对情感空间进行描述的理论构想,同时采用量化的方法试图建立情感空间中各种情绪范畴的定位和关系。因此, PAD 情绪理论被广泛地应用在情绪心理学、人格心理学、社会心理学等基础领域,以及市场营销、产品满意度等应用领域<sup>[12-13]</sup>。

基于维度的趋向虽然为情感计算提供了量化的理论和方法基础,但是,同样面临着一个难题,究竟需要多少维度才足以充分地表达人类的情感,同时哪些维度是必要的。

基于上述分析,本文采用传统的心理测量方法,通过分析人们对大量图片在情绪维度上的评分,来综合评价已有心理学研究中所涉及的 16 个维度。考虑到中英文语言转换,这 16 个维度中也包含了不同中国学者对英文维度翻译的多个版本,例如 pleasantness 在中文教科书中快乐度、愉快度、愉悦度 3 个版本。通过上述评价,研究充分地表达人类的情感所需要的维度数量和相应的属性。为情感的量化打下基础,为解决情感可计算问题指出主要途径。

## 2 方法及实验

本文采用传统的心理量表方法对情绪图片进行评定。已有情绪研究中所涉及的 16 个维度构成了 9 点心理量表的 16 个评价指标(如表 1 所示),维度的一端由 1 表示,另一端由 9 表示,从 1 到 9 表示情绪状态从维度的一端过度到另一端。每看到一张图

片,评价者分别从 16 个维度,评价自己看到图片时,所感受到的情绪体验。评价者在某一维度上对图片进行评价时,在从 1 到 9 的 9 个数字中,挑选出一个最能够代表自己所感受到的情绪状态的数字。

表 1 16 个情感维度以及维度两端所代表的状态  
Tab. 1 The 16 dimensions and the states of the ends

	情感维度	左端	右端
1	快乐度	不快乐	快乐
2	愉快度	不愉快	愉快
3	愉悦度	不愉悦	愉悦
4	激动度	平静	激动
5	紧张度	松弛	紧张
6	注意	拒绝	注意
7	强度	低	高
8	冲动性	缓慢	爆发
9	确信度	不确信	确信
10	正负性	负性	正性
11	评价	坏	好
12	力度	强	弱
13	活跃性	不活跃	活跃
14	趋向性	趋向	回避
15	激活度	觉醒的	欲睡的
		激动的	冷静的
		感兴趣的	放松的
		充满希望的	
16	优势度	支配的	被支配的
		主控的	被控的
		自主的	被引导的
		有影响力的	被影响的



图 1 测试图片示例  
Fig. 1 Pictures used in test



图 2 测试界面示例  
Fig. 2 One example of the measurement interface

### 2.1 评价材料

为了确保图片所表达的情绪状态的多样性和丰富性,从罗跃嘉等人修订的中国情绪图片系统<sup>[14]</sup>中随机挑选 330 张图片(图片样例如图 1 所示)。为了减少每个评价者的工作量,将 330 张图片随机分成 11 组,每组 30 张。每组图片由 30 或者 31 名被试在 16 个维度上进行评价。

### 2.2 评价流程

在测试中,所有图片逐个随机地呈现在屏幕中央,被试根据屏幕下方逐个随机呈现的维度量表,评价看到这些图片时内心所感受到的体验。被试用鼠标点击代表内心体验程度的数字。测试界面如图 2 所示。正式测试之前,所有被试在 16 个维度上对两

张练习图片进行评价,确保所有被试熟悉和理解测试任务的要求。被试完全按照自己的速度和节奏评价图片。在所有 16 个维度上评价完一张图片后,被试操作程序继续呈现下一张图片。每评价完 10 张图片,被试必须休息 1 分钟。整个测试大约在 30 分钟内完成。

### 2.3 评价者

333 名大学生自愿参加此次情绪图片测试,其中男生 167 人,女生 166 人。

### 2.4 设备

所有被试在计算机上对图片的情感状态进行评定。测试程序通过 E-prime 1.2 实现。程序自动记录被试在每个项目上评价图片的分数。

### 3 数据分析

大量实验表明,心理学问卷得到的数据一般具有正态或近似正态的单峰分布的特点,而上述实验所得到的数据具有等距、且一一对应的关系。因此,采用了传统的统计方法,包括协方差分析、因素分析和主成分分析等方法对数据进行处理,分析上述数据的相关性。

#### 3.1 积差相关分析

积差可以直观地反映两组数据之间的一致性程度。对于两组实验数据  $X = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_i]$  和

$Y = [y_1, y_2, y_3, \dots, y_i]$ , 其积差的计算公式为

$$r_{XY} = \frac{(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{(X - \bar{X})^2 \cdot (Y - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

式中,  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$  分别为  $X$  和  $Y$  的均值。

根据式 (1) 分别计算 16 个维度两两之间的积差, 结果如表 2 所示。从表 2 可以看出, 冲动性、活跃性、激动度、强度、力度和激活度之间的积差值较大, 具有较高的相关性。相应的, 紧张度、快乐度、评价、愉快度、愉悦度、正负性、和趋向性之间具有较高的相关。而确信度、优势度、注意这 3 个维度与其他维度之间的相关都较低。

表 2 所有图片在 16 个维度上评分的相关系数

Tab. 2 The correlation of the 16 dimensions based on the ratings of 330 pictures

	冲动性	活跃性	激动度	强度	确信度	力度	激活度	优势度	紧张度	快乐度	评价	愉快度	愉悦度	正负性	注意
活跃性	0.48														
激动度	0.70	0.48													
强度	0.63	0.52	0.60												
确信度	0.31	0.36	0.29	0.40											
力度	0.57	0.44	0.55	0.64	0.34										
激活度	0.50	0.51	0.49	0.52	0.35	0.49									
优势度	-0.20	0.03	-0.21	-0.13	0.04	-0.12	-0.00								
紧张度	0.51	0.16	0.54	0.39	0.07	0.38	0.25	-0.40							
快乐度	-0.14	0.25	-0.15	-0.02	0.18	-0.09	0.11	0.40	-0.56						
评价	-0.14	0.23	-0.15	-0.02	0.18	-0.08	0.11	0.40	-0.54	0.85					
愉快度	-0.14	0.24	-0.16	-0.03	0.17	-0.10	0.09	0.40	-0.57	0.90	0.85				
愉悦度	-0.14	0.25	-0.15	-0.02	0.18	-0.09	0.11	0.40	-0.56	0.90	0.85	0.90			
正负性	-0.14	0.22	-0.15	-0.02	0.17	-0.09	0.10	0.39	-0.53	0.82	0.84	0.83	0.82		
注意	0.21	0.42	0.21	0.32	0.33	0.25	0.36	0.16	-0.10	0.45	0.47	0.45	0.45	0.44	
趋向性	-0.09	0.25	-0.10	0.03	0.18	-0.02	0.16	0.37	-0.47	0.73	0.74	0.73	0.73	0.71	0.51

#### 3.2 主成分分析

上述积差分析表明, 人类的情感表达具有 2~5 维。为了更进一步分析这些维度在情感表达中的作用, 本项目采用了主成分分析的方法, 考察上述各维度在情感表达中的贡献。

主成分分析, 实际上就是分解相关矩阵, 从而使  $p$  个相关的变量分解成  $p$  个独立的变量, 并考察各独立变量对系统总方差的贡献。即假设有  $p$  个相关的观测变量  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , 由它们线性组合成  $p$  个相互独立的导出变量  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ , 从而使得每一

个观测变量都被表示成为  $p$  个正交的导出变量的加权和, 即

$$\begin{aligned} X_1 &= a_{11} Y_1 + a_{12} Y_2 + \dots + a_{1p} Y_p \\ X_2 &= a_{21} Y_1 + a_{22} Y_2 + \dots + a_{2p} Y_p \\ &\dots \\ X_p &= a_{p1} Y_1 + a_{p2} Y_2 + \dots + a_{pp} Y_p \end{aligned} \quad (2)$$

基于上述 333 人对 330 张图片的 16 个项目评分, 采用式 (2) 的主成分分析方法, 计算每个独立变量对于系统的总方差的贡献, 结果如表 3 所示。

表 3 主成分分析抽取的各因子特征值表

Tab. 3 The percentage of variance explained extracted by Principal Component Analysis

主成分	相关矩阵的特征值			未经旋转的因子载荷平方和			经方差最大旋转的因子载荷平方和		
	各成分的 特征值	各成分的 方差解释率	各成分的累计 方差解释率	各成分的 特征值	各成分的 方差解释率	各成分的累计 方差解释率	各成分的 特征值	各成分的 方差解释率	各成分的累计 方差解释率
1	6.15	38.45	38.45	6.15	38.45	38.45	5.87	36.67	36.67
2	4.39	27.44	65.89	4.39	27.44	65.89	4.38	27.36	64.03
3	0.79	4.93	70.82	0.79	4.93	70.82	1.09	6.79	70.82
4	0.73	4.55	75.37						
5	0.59	3.66	79.03						
6	0.52	3.26	82.29						
7	0.51	3.16	85.45						
8	0.46	2.90	88.36						
9	0.34	2.12	90.48						
10	0.34	2.12	92.60						
11	0.32	1.97	94.57						
12	0.30	1.85	96.42						
13	0.22	1.37	97.79						
14	0.15	0.95	98.74						
15	0.10	0.64	99.38						
16	0.10	0.62	100.00						

从表中可以看出,前两维独立变量,即积差分析中高度相关的各维:冲动性、活跃性、激动度、强度、力度、激活度,以及紧张度、快乐度、评价、愉快度、愉悦度、正负性、趋向性等,对系统总方差的贡献达到了 66%,说明该 2 维变量表达了人类的情感的大部分信息。换言之,2 维情感空间或情感模型,能够表达三分之二的情感信息。

在此基础上,第 3、4 维独立变量,分别对系统的总方差贡献了 5%,说明要提高情感空间或情感模型对于人类情感表达的准确性,3 维或 4 维情感空间,是必要的。而为了降低情感模型的复杂性,恰当地选取一个能够综合地代表确信度和优势度的维度,构建 3 维情感空间,是提高情感模型对人类情感信息表达的准确性的唯一途径。

## 4 结 论

综合积差分析和主成分分析的结果,本研究认为,以冲动性、活跃性、激动度、强度、力度和激活度所代表的维度,和紧张度、快乐度、评价、愉快度、愉悦度、正负性、和趋向性所代表的维度所构成的 2 维情感模型能够较好地表达人类情感信息。而综合确信度和优势度所构成的 3 维情感空间,可以更准确

地表达人类情感信息。在实际应用中,可以根据具体问题所需要的情感信息的精度,选择 2 维或 3 维情感模型。

上述分析结果还显示,各种情感模型中有 2 个维度,尽管其名称各不相同,实际上是等价的,即本研究中提出的 2 维或 3 维情感模型中的前 2 维。这 2 维可以根据实际应用环境或学科的不同而具有不同的名称。在心理学中,可以根据现有成果,命名为激活度和愉悦度,在工程应用领域,可按工程的习惯,命名为正负性和强度。3 维情感空间中的第 3 维,是确信度和优势度的结合,即取这两维独立变量的中间向量来表示,该维度的命名依然有待研究。但是,目前在心理学方面,可以根据现有成果,暂时命名为优势度。

情绪和情感的表征和结构究竟是什么样的,这个问题几乎和心理学自身的历史一样久远。但是,到目前为止,关于这个问题,研究者们仍有大量的争论。

本文采用经典的心理测量方法,对大量图片在各个情绪维度上的评分进行积差分析和主成分分析,结果表明,以往不同研究者所提出的部分维度之间存在高度相关,可以合并为 3 类维度:冲动性、活跃性、激动度、强度、力度和激活度合并为一个维度,

这表明,这些维度具有相同的心理内涵,都与情感的强烈程度、情感的生理激活水平相关,因此,这一类维度可以归结为激活度;紧张度、快乐度、评价、愉快度、愉悦度、正负性和趋向性合并为一个维度,这表明,这些维度具有相同的心理内涵,都与情感体验的愉悦程度有关,因此,这一类维度可以归结为愉悦度。优势度和确信度作为单独的因子,独立于其他维度,这表明,该因子具有独特的心理内涵,应该自成一個维度。在已完成的一项研究中,346名大学生采用李晓明等人编制和修订的中文版 PAD 情绪量表<sup>[15]</sup>,对 14 个情绪范畴进行 PAD 值的评定。这些情绪范畴包括不同研究者提出的基本情绪,如喜悦、惊奇、恐惧、厌恶和悲伤等。结果发现,这些情绪范畴在 PAD 3 个维度上很好地分离开来,而且它们在情感空间中的分布可以非常直观地展示出各个基本情绪范畴之间的关系。这一结果证明,3 维情感空间可以充分地表达人类情感。

表 4 14 个基本情绪范畴的 PAD 值

Tab. 4 The PAD values of the 14 basic emotion categories

编号	情绪词	平均数		
		P	A	D
1	喜悦	2.77	1.21	1.42
2	乐观	2.48	1.05	1.75
3	轻松	2.19	-0.66	1.05
4	惊奇	1.72	1.71	0.22
5	温和	1.57	-0.79	0.38
6	依赖	0.39	-0.81	-1.48
7	无聊	-0.53	-1.25	-0.84
8	悲伤	-0.89	0.17	-0.70
9	恐惧	-0.93	1.30	-0.64
10	焦虑	-0.95	0.32	-0.63
11	藐视	-1.58	0.32	1.02
12	厌恶	-1.80	0.40	0.67
13	愤懑	-1.98	1.10	0.60
14	敌意	-2.08	1.00	1.12

综合以上分析,本文认为情感描述和测量问题是情感计算领域的一个关键问题,而解决这一个关键问题的途径,就是引入可量化的情感维度观。本研究结果表明,2 维或 3 维情感可以涵盖以往研究中所涉及的所有情感维度,是描述情感状态的充分和必要的维度。因此,本文提出的 2 维、3 维情感空间模型将为情感计算研究提供基础理论和方法的指导。

## 参考文献 (References)

- 1 Izard C E. Basic emotions, natural kinds, emotion schemas, and a new paradigm [J]. *Perspectives on Psychological Science*, 2007, 2(3): 260-280.
- 2 Wundt W. *Outlines of Psychology* [D]. Judd C H. Trans Oxford, England: Engelmann, 1897.
- 3 Darwin C. *The expression of emotions in man and animals* [D]. Chicago, L, USA: University of Chicago Press, 1965. (Original Work Published 1872).
- 4 Izard C E. On the ontogenesis of emotions and emotion-cognition relationships in infancy [A]. In: Lewis M, Rosenblum L A (Eds). *The development of affect* [C], New York, NY, USA: Plenum Press, 1978: 389-413.
- 5 Izard C E. Emotion-cognition relationships and human development [A]. In: Izard C E, Kagan J, Zajonc R B (Eds.), *Emotion, Cognition, and Behavior* [C], New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1984: 17-37.
- 6 Schlosberg H H. Three dimensions of emotion [J]. *The Psychological Review*, 1954, 61(2): 81-88.
- 7 Izard C E. *The Psychology of Emotions* [D]. New York, NY, USA: Plenum Press, 1991: 100-103.
- 8 Osgood C E. Dimensionality of the semantic space for communication via facial expressions [J]. *Scandinavian Journal of Psychology*, 1996, 7(1): 1-30.
- 9 Mehrabian A. Framework for a comprehensive description and measurement of emotional states [J]. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 1995, 121(3): 339-361.
- 10 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.
- 11 Mehrabian A, Whardja C, Ljunggren E. Emotional correlates of preferences for situation-activity combinations in everyday life [J]. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 1997, 123(4): 461-477.
- 12 Bradley M M, Lang P J. Measuring emotion: the Self-assessment manikin and the semantic differential [J]. *Journal of Behavioural Therapy and Experimental Psychiatry*, 1994, 25(1): 9-59.
- 13 Backs R W, da Silva S P, Han K. A comparison of younger and older adults' Self-assessment manikin ratings of affective pictures [J]. *Experimental Aging Research*, 2005, 31(4): 421-440.
- 14 Huang Yu-xia, Luo Yue-jia. Native assessment of international affective picture system [J]. *Chinese Mental Health Journal*, 2004, 18(9): 631-634. [黄宇霞, 罗跃嘉. 国际情绪图片系统在中国的试用研究 [J]. *中国心理卫生杂志*, 2004, 18(9): 631-634.]
- 15 Li X, Zhou H, Song S, et al. The reliability and validity of the Chinese version of abbreviated PAD emotion scales [A]. In: *Proceedings of the International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* [C], Beijing, 2005: 513-518.