服务于产品开发的三角形情绪描述及判别机制

高润泽，王俊民
（东华大学，上海 201620）

摘要：目的 研究消费者在产品测试中的情绪状态，以判断产品走向市场后的销售预期。**方法** 通过对面部肌肉结构的解剖和面部器官运动规律的分析，抽象出三角形模型来描述情绪状态变化。定量测算三角形模型的特征值，来定性判别不同的情绪状态。**结果** 不同情绪状态下的面部表情，对应着唯一的三角形模型特征值，即 *m* 数组，可有效判别测试者的情绪状态。**结论** 提出了产品带给消费者情绪状态变化的判别机制，可判断消费者对产品的喜好状态及产品的销售预期，研究结果同样可为商业市场环境内的商品销售预期研究提供有效的判断依据。

关键词：三角形模型；情绪分析；判别机制；产品测试；市场评估
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2017)12-0164-05

Triangle Emotion Description and Discrimination Mechanism for Product Development

GAO Run-ze, WANG Jun-min
(Donghua University, Shanghai 201620, China)

ABSTRACT: To study the emotional state of the consumer in product test, in order to judge the consumer's purchase expectations. Based on the anatomy of the facial muscles and the regular pattern of facial organ movement, the triangle model is abstracted to describe the change of the emotional state. The characteristic value of the triangle model is calculated quantitatively to judge the different emotional states qualitatively. The characteristic value of the triangle model: M array is one-to-one corresponding to the facial expressions in different emotional states. Discrimination mechanism of the emotional state changes brought by the product proposed in this paper, can judge consumer preferences and sales expectations. The results can also provide effective judgment basis for the research of commodity sales expectations in the commercial market.

KEY WORDS: triangular model; emotion analysis; discriminating mechanism; product test; market evaluation

产品的市场测试评估是产品设计开发后期阶段的重要环节，直接关系到产品开发的成败。目前主要通过测试消费者对产品的喜好程度来判断购买预期。采用较多的方法是对消费者的视觉注视行为进行观察研究，而对其情绪状态的变化缺少细致入微的分析，往往不能准确判断消费者对产品的购买预期。喜好程度往往由复杂多变的情绪状态来反映。目前关于人类情绪的研究，多数是采用 Gabor 滤波器对人脸面部特征进行图像捕捉，然后建立不同的分析模型进行分析判别。这种高成本的研究方法，没有统一的模型标准，多数情况下，还是要靠研究人员的经验进行感性判断[1]。对于产品测试来说，这是一个无法实现、也不靠谱的研究方法。本文尝试通过面部器官特征结构的研究，建立可以快速准确判别情绪状态的模型，提出可以定量判别情绪状态的机制。从而通过低成本的产品测试，准确评估产品的销售预期，为产品的设计开发作出贡献。

1 面部特征与情绪

1.1 人脸面部特征

在很大程度上，复杂多变的情绪反映了消费者对

收稿日期：2017-03-18
作者简介：高润泽（1991—），男，陕西人，东华大学硕士生，主攻工业设计（设计管理）。
通讯作者：王俊民（1965—），男，上海人，东华大学副教授，主要研究方向为工业设计（设计管理）。

产品的喜好状态。人在观察或接触到产品后的情绪状态会发生变化，主要由面部表情进行表达[2]，而面部表情主要是由眉毛、眼睛、鼻子、嘴这四大器官以及相互之间的关系特征来呈现[3]，因此情绪状态的研究，需要对面部四大器官特征要素进行抽象提取，见图 1 黑色轮廓线所示[4]，以及分析面部特征三角形节点连接构成关系的简图（见图 1 蓝色三角形所示）。由此对面部基本特征所进行的三角形模型抽象描述，可以深入剖析情绪变化的结构状态。

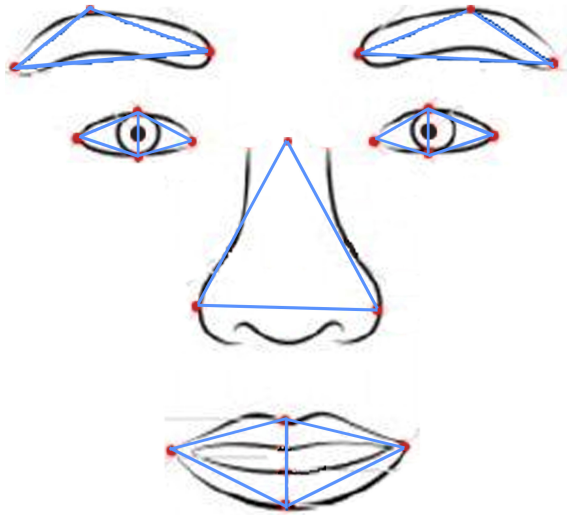

图 1　面部器官特征三角形简图
Figure.1 Facial features triangular diagram

1.2　情绪

消费者对产品的喜好状态与情绪状态产生关联，这间接反映了产品可能被接收机会的大小，因此需要对人类的情绪状态进行深入剖析。而人类是自然界进化筛选出来的高级生物，复杂的大脑决定了情绪状态的复杂多变[5]。心理学家认为人类的情感表达是由 7%的语言信息和 38%的声音信息和 55%的面部表情信息综合组成[6]，因此本文通过面部表情的研究来解析情绪状态。而人在不同原因、动机、心理、生理因素的驱使下，会产生不同的情绪状态，对应的面部表情特征也会存在很大差异[7]。由此可见，深入研究情绪，就必须从构成面部表情的四大器官结构及其运动特征等本质层面去剖析[8]。

2　面部结构及情绪表达

2.1　面部结构

面部结构反映的是面部器官的定位及内在的连接方式，是构成人脸面部表情的基本架构。研究人类的面部表情，应该从面部肌肉的具体运动形式入手从解剖学层面讲，人的面部结构是一个具有不同层次的结构，它由头骨、肌肉层、覆盖的结缔组织和外部的皮层组成。面部主要肌肉的收缩和拉伸变形使人脸部产生不同的面部表情。面部肌肉解剖图见图 2[9]。

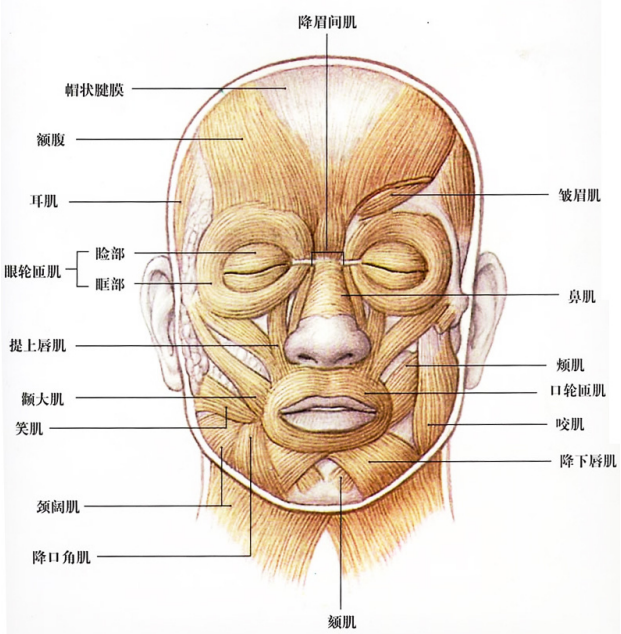

图 2　面部肌肉解剖图
Fig.2 Anatomy of the facial muscles

2.2　面部器官运动分析及情绪表达

1975 年，Rekmanf 等人定义了惊讶、恐惧、厌恶、愤怒、高兴和悲伤这 6 种基本的情绪状态[10]，不同的情绪状态由不同的面部表情来表现，对应着不同的面部器官运动规律和状态。美国心理学家 Paul Ekman 和 Friesen，通过对面部解剖学和面部器官运动规律理论的研究和分析，提出了实现 6 种基本情绪的面部器官运动组合。面部器官运动与表情的关系见表 1[11]。

表 1　面部器官运动与表情的关系
Tab.1 The relationship between facial movements and facial expressions

表情	额头、眉毛	眼睛	脸下半部
惊奇	眉毛抬起，变高变弯，眉毛皮肤被拉伸	睁大，上眼睑抬高	下颚下落，嘴张开
恐惧	眉毛抬起，皱在一起，额头皱纹集中在中部	上眼睑抬起	嘴张开，嘴唇轻微紧张，向后拉
厌恶	眉毛压低，上眼睑压低	——	上唇抬起，嘴角下拉，脸颊抬起
愤怒	眉毛皱起，眉宇间出现皱纹	眼睛愤怒地睁大	嘴唇紧闭，嘴角拉直或张开
高兴	眉毛略弯曲	——	嘴角后拉并抬高，嘴张大，脸颊被抬起
悲伤	眉毛内角皱在一起抬高	眼内角的上眼睑抬高	嘴角下拉

面部肌肉的运动，引起面部器官外在特征的变化，表达了不同的情绪状态，用于抽象描述面部特征的三角形也随之做相应变化，因此可以通过研究面部表情三角形的边角关系来对人的情绪状态进行分析。

3 三角形模型建立

通过以上对面部解剖学和面部器官运动规律的研究和分析，说明可以通过面部表情的三角形模型进行情绪分析。关于面部表情的研究，日本 ATR 建立的日本女性表情数据库 JAFFE（JAFFE 是日本 ATR 建立的专门用于研究面部表情的数据库，该数据库中包含了 213 幅日本女性的脸相，每幅图像的分辨率：256 像素×256 像素，每幅图像都有原始的表情定义。）是研究亚洲人表情的重要测试库。JAFFE 中的表情标定标准，而且数据库完全开放，目前很多关于面部表情的研究都使用它来进行训练与测试[12]。本文对 ATR-JAFFE 表情数据库（JAFFE 中共有 10 个人，每人有中性脸、高兴、悲伤、惊奇、愤怒、厌恶、恐惧这 7 种基本表情）中的第一组表情进行抽象提取，见图 3，获得情绪三角形模型，见图 4。为了说明情绪三角形描述的准确性，在图 4 的基础上，打乱基本表情描述词的顺序，然后让测试者进行描述词与情绪三角形图像的匹配连接。随机选取在校大学生 40 名（男女各 20 名）进行了测试，准确率

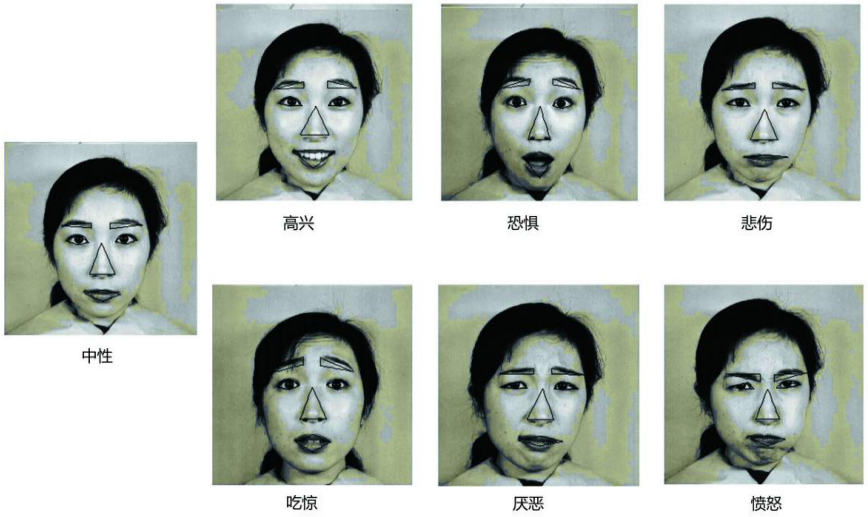

图 3 7 种基本表情三角形模型抽象提取
Fig.3 Triangle model abstract extraction of seven basic facial expressions

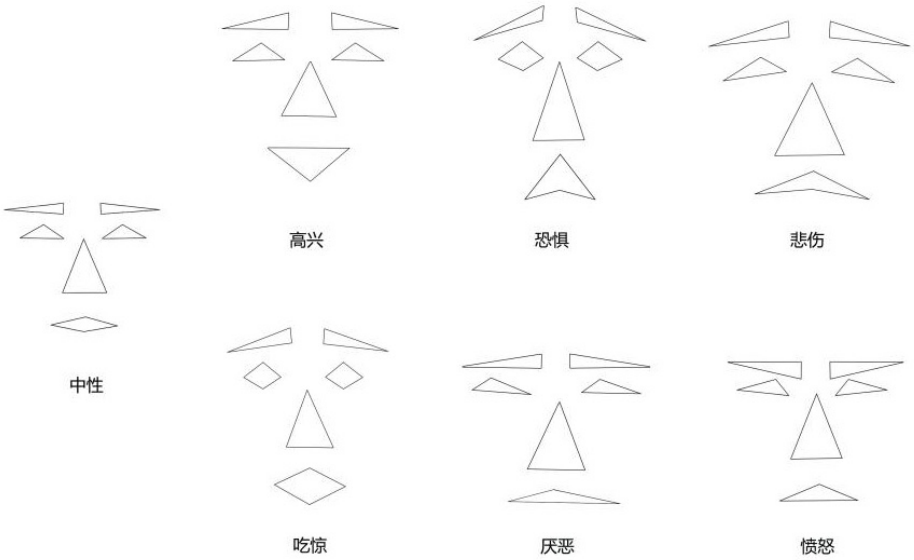

图 4 情绪三角形模型
Fig.4 The emotional triangle model

汇总见表 2。

表 2　情绪三角形模型描述的准确性
Tab.2 The accuracy of the description of the emotional triangle model

准确率	情绪						
	厌恶	愤怒	吃惊	中性	恐惧	高兴	悲伤
男	95%	95%	95%	95%	80%	100%	80%
女	90%	90%	90%	100%	85%	100%	85%
总	92.5%	92.5%	92.5%	97.5%	82.5%	100%	82.5%

由表 2 可知，无论男女，不论何种情绪，测试的准确率均达到 80%以上。这说明本文所采用的情绪三角形抽象描述的方法具有较高的准确性，情绪三角形模型可作为情绪样本进行研究。由于情绪三角形模型具有较高的辨识性，因此可对其边角及结构关系进行研究，从而对情绪状态进行准确判别，为判断消费者对产品的喜好状态提供依据。

4　情绪分析

4.1　分析工具

不同面部表情对应的三角形模型有着不同的角度及比例变化，反映了不同的情绪状态，因此只需找到一种描述三角形边角关系的工具，便可解析三角形模型从而判断其对应的情绪状态。经典的毕达哥拉斯三角形公式 $a^2+b^2=mc^2$（m 为常数），它综合反映了三角形的边角关系[13]，其中 m 的取值反映了边 c 所对应的角度变化情况，m 取值的大小变化可以全面反映所有三角形边角关系特征，这说明了利用 m 值来解析三角形的合理性和可行性，因此可用公式 $a^2+b^2=mc^2$ 对 m 值进行测算，解析面部表情三角形模型，从而判断其对应的情绪状态。

4.2　m 数值的测算

利用上述的三角形解析工具 $a^2+b^2=mc^2$ 对面部表情三角形模型进行测算分析。将抽象出的情绪三角形模型进行标注，见图 5（以高兴表情为例，7 种情绪不全列举）。由于人脸的对称性，实际研究中只需对反映面部器官本身变化的三角形①②③④，及反映器官之间结构关系变化的三角形⑤⑥⑦进行分析即可。通过测算，每种基本表情就可以得到一个含有 7 个 m 值的数组。6 种基本表情分别与中性表情作对比，可得到对应 m 数组的不同变化情况，见表 3。

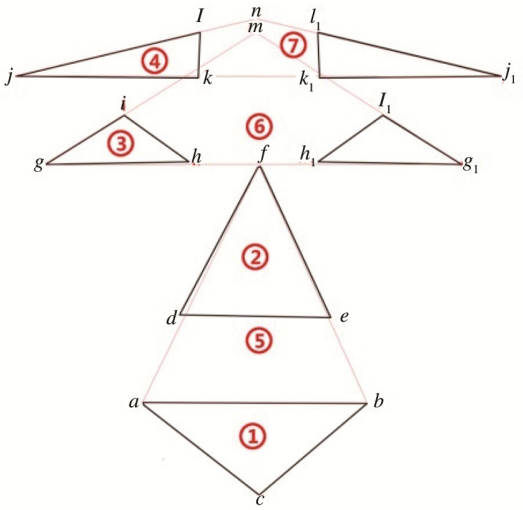

图 5　情绪三角形模型标注
Fig.5 Label of emotional triangle model

表 3　不同情绪状态对应的 m 数组及其变化情况
Tab.3 M arrays and their changes in different emotional states

三角形及 m 值	情绪分类							
	中性	愤怒	高兴	悲伤	惊讶	厌恶	恐惧	m 值变化范围
△① $m=(ab^2+ac^2)/bc^2$	10.88	4.79↓	3.68↓	23.25↑	2.37↓	3.21↓	3.50↓	2.37~23.25
△② $m=(de^2+df^2)/ef^2$	1.54	1.60↑	1.86↑	1.87↑	1.46↓	1.70↑	1.42↓	1.42~1.87
△③ $m=(gh^2+gi^2)/hi^2$	4.26	10.31↑	4.83↑	7.34↑	1.55↓	2.07↓	1.85↓	2.07~10.31
△④ $m=(jk^2+jl^2)/kl^2$	62.5	38.73↓	34.18↓	49.34↓	36.39↓	75.31↑	48.58↓	34.18~75.31
△⑤ $m=(af^2+bf^2)/ab^2$	3.77	4.08↑	2.66↓	2.45↓	4.63↑	2.12↓	8.13↑	2.12~8.13
△⑥ $m=(mg^2+mg1^2)/gg1^2$	0.66	0.54↓	0.71↑	0.72↑	0.80↑	0.67↑	0.77↑	0.54~0.80
△⑦ $m=(nj^2+nj1^2)/jj1^2$	0.52	0.03↓	0.54↑	0.56↑	0.57↑	0.51↓	0.63↑	0.03~0.63

4.3　情绪分析

由表 3 的测算结果可以发现：纵向而言，相对于中性表情而言，愤怒表情的特征三角形 m 值的变化是↓↑↑↓↑↓↓，其中△③的 m 值显著增大，说明眼角变小，△⑦的 m 值明显减小，说明眉毛收紧，几乎呈现“一”字形状，这也正是愤怒情绪所表现出来的典型面部特征，证明了三角形模型的数据分析结果，可以反映和判别情绪状态。同理，可以对其余 5 种表情进行数据与面部特征一一对应的解释。每种基本情绪都对应着唯一的 m 数组，有着唯一的数据变化特征，反映着不同情绪典型的面部特征。对比 m 数组，可

准确判别情绪状态。

数据反映的是面部表情的典型特征，其变化范围，反映了对应面部器官的变化程度。由表 3 可以看出，反映面部器官本身变化的△①△③△④的 m 值变化范围明显大于△②，这说明面部表情主要靠△①△③△④所对应的嘴、眼、眉来表达，△②所对应的鼻子在面部表情的表达中，变化程度较小。反映器官之间结构关系的△⑤△⑥△⑦中，△⑤m 值的变化范围明显大于△⑥△⑦，这说明嘴和鼻直接的变化程度大于眉眼之间的变化程度。在实际情绪判别的操作中，可首先选取变化程度明显的△①△③△④△⑤的 m 值进行分析比较，判别情绪状态，当难以分辨时，再借助△②△⑥△⑦的微小变化来判别情绪。这样可有效提高情绪判别的效率。

4.4 产品测试及市场评估

定量研究得出的 m 数据组及变化特征，为定性判别情绪状态提供了理性的数据支持。在产品开发后期进行的市场预期评估阶段，可进行产品测试实验，让消费者自由接触、使用产品，拍摄其在观察或使用产品时的表情图像，然后对图像进行三角形模型的提取，测算 m 值。对比表 3，就可以对测试者的情绪状态进行准确判别。当测试者的情绪状态是高兴、惊讶等积极情绪时，说明产品对消费者有足够的吸引力，能够获得其青睐，这保障了产品入市后的销售预期。当测试者的情绪状态是厌恶、悲伤、愤怒等消极情绪状态时，说明产品没能打动消费者，能否入市就需慎重考虑。从消费者情绪状态角度出发的产品测试，可以准确判断消费者对产品的喜好程度，从而在很大程度上提高产品市场预期的准确性。

4.5 情绪分析的计算机实现方法

在上述的情绪测试方法中，整个情绪分析过程均可人工实现，但当测试样本量较大时，工作量就会很大。为了提高情绪分析的效率及准确性，可采用计算机技术，将数组与面部表情数据库对接，建立面部表情图像→三角形模型→m 数组→表情数据库的情绪分析流程。采用 Gabor 滤波器对测试者的面部表情进行图像捕捉，然后将图像导入计算机，进行三角形模型抽象，测算 m 值，比对 m 数组和面部表情数据库，判别出测试者面部表情对应的情绪状态。

以上是情绪分析的计算机实现流程和方法，由于专业的限制，这部分内容有待和计算机方向的人员，在后续的研究中合作实现。

5 结语

通过对面部肌肉结构的解剖和面部器官运动规律的分析，证明了采用三角形模型进行情绪状态分析的合理性和可行性。对 JAFFE 表情数据库中不同情绪状态对应的面部表情进行三角形模型的抽象提取、特征值 m 的定量测算及其变化情况的研究，得出了可以判别情绪状态的 m 数组及判别方法。

在产品开发后期进行的市场预期测试环节，利用本文得出的 m 数组和情绪判别机制，就可以对消费者在接触到产品时的情绪状态进行判断，进而分析其对产品的喜好状态及购买欲望。本文的研究成果也同样适用于商业市场环境，可为商品入市销售预期测试提供快速有效的方法和有力判断依据。

参考文献：

[1] 刘伟锋. 人脸表情识别研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2007.
LIU Wei-feng. Research of Facial Expression Recognition[D]. Heifei: University of Science and Technology of China, 2007.

[2] 刘宏艳, 葛列众. 面部表情识别对社会交往能力的影响作用[J]. 中国临床心理学杂志, 2014(3).
LIU Hong-yan, GE Lie-zhong. The Effect of Facial Expression Recognition on Social Communication Ability[J]. Chinese Journal of Clinical Psychology, 2014(3).

[3] EKMAN P, FRIESEN W, HAGER V J C. Facial Action Coding System[C]. Research Nexus, a Subsidiary of Network Information Research Corporation, 2002.

[4] Facial Expression Analysis: a Study on Temporal Models of Facial Action Units[C]. IEEE, 2011.

[5] 查尔斯・达尔文. 人与动物的情绪表达[M]. 成都: 四川人民出版社, 1999.
DARWIN C. Expression of Human and Animal Emotions[M]. Chengdu: Sichuan Renmin Press, 1999.

[6] PANTIC M L, ROTHKRANZ J M. Expert System for Automatic Analysis of Facial Expression[J]. Image and Computing, 2000, 18(11): 881—905.

[7] EKMAN R. Emotions in the Human Face[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

[8] 刘建征. 基于肌肉运动的人脸表情识别[D]. 天津: 天津大学, 2012.
LIU Jian-zheng. Facial Expression Recognition Based on Muscle Movement[D]. Tianjin: Tianjin University, 2012.

[9] 王海杰. 人体系统解剖学[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2008.
WANG Hai-jie. Anatomy of the Human Body[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2008.

[10] EKMAN P, FRIESEN W V. Facial Action Coding System: a Technique for the Measurement of Facial Movement[M]. Palo Alto: Consulting Psychologists Press, 1978.

[11] EKMAN P, FRIESEN W V, HAGER J C. Facial Action Coding System(FACS): Manua, Salt Lack City: a Human Face[M]. 2002.

[12] 周晓彦. 面部表情识别研究[D]. 南京: 东南大学, 2005.
ZHOU Xiao-yan. Research on Facial Expression Recognition[D]. Nanjing: Southeast University, 2005.

[13] 黄凯达. 毕达哥拉斯三角形综述报告[J]. 惠阳师专学报, 2006.
HUANG Kai-da. The Pythagorean Triangle Summary Report[J]. Journal of Huiyang Teachers College, 2006.