



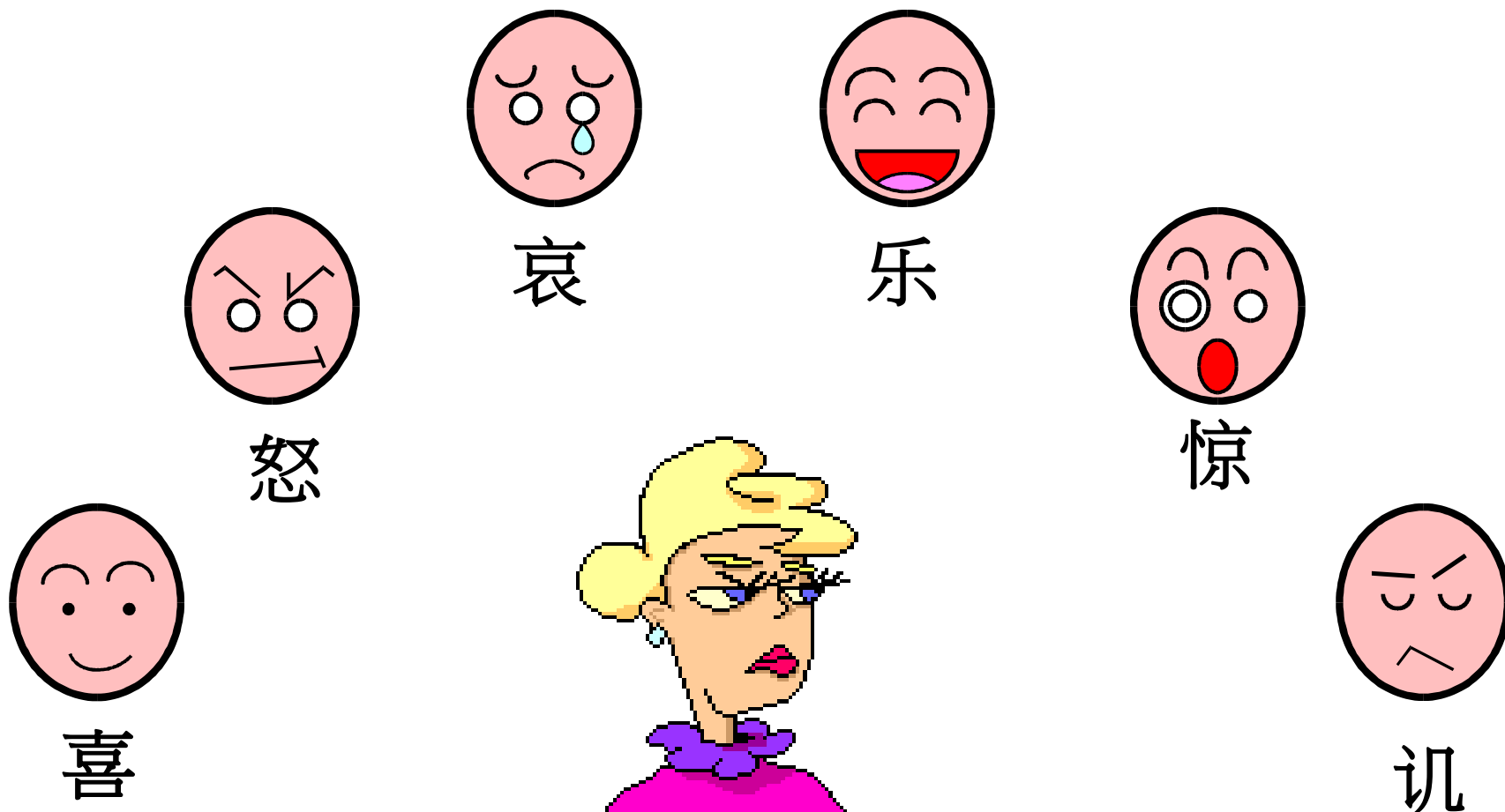
中国科学院自动化研究所
INSTITUTE OF AUTOMATION
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

2022—2023学年(春)第二学期
中国科学院大学课程

情感计算 ——绪论



授课教师：陶建华



人类丰富的情感世界

问题

计算机是否可以体会人的喜怒
哀乐，并见机行事？

没有情感会是什么样的？

■ 情感对语意理解的影响（言不尽意）



女：我从火车站怎么到你那？

男：我到火车站接你。（正常，Level 0）。

女：不，谢谢。告诉我去的路就行。

男：我到火车站接你。（有点不高兴，Level 1）。

女：只要告诉我去的路，我自己能去。

男：我到火车站接你！（有点急躁，Level 2）。

女：我自己去。

男：我到火车站接你！！（生气，Level 3）。

女：你直要来接我呀？

Affective computing has emphasized such a role from its start: it has never been about making machines that would look “more emotional”; instead, it has been about making machines that would be **more effective**. —Rosalind W. Picard

情感计算 (affective computing)

赋予计算机像人一样的观察、理
解和生成各种情感特征的能力

情感计算的提出

■ 情感计算的必要性

1970，人工智能创始人之一，计算机图灵奖获得者，Minsky在《The Society of Mind》指出：.....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.....

1994年，美国Iowa大学神经科学家Damasio教授从大量的现场实验中得出结论：当人的大脑中负责处理情感机制的神经子系统缺少，或者损伤时，他将不能有效地进行决策活动。

■ 情感计算概念的提出

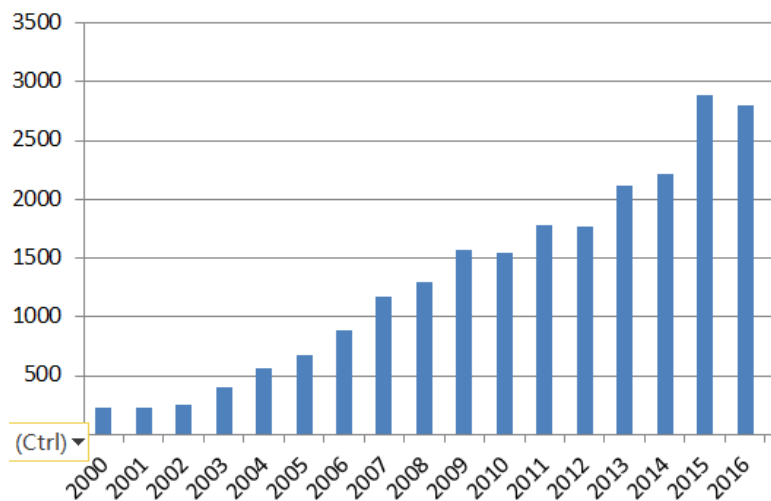
- 美国MIT大学媒体实验室Picard教授于1997年出版的专著“Affective Computing (情感计算)”中定义“情感计算是关于、产生于、或能够对情感施加影响的计算(Computing that relates to, arises from, or deliberately influences emotions)”。
- 情感计算的目的是通过赋予计算机识别、理解、表达和适应人的情感的能力来建立和谐人机环境，并使计算机具有更全面的智能。

情感计算的重要性

- 情感的识别和表达在交流理解上是必要的，是人们最重要的心理需求之一。因此，要实现自然人机交互，就要求计算机应具有和人类相似的对情感的感知和识别的能力。
- 人工智能的奠基人之一 MIT 的 Minsky 就提出了“要让计算机具有情感能力”的问题，他指出：“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”。
- 研究者将重点逐步转移到构建可以检测用户情感状态的技术上，试图在感性的人类和无社会属性的计算机之间建立一个沟通的桥梁。
- 情感计算为人工智能发展带来了新的应用前景，为人们开拓了一条新的道路，不仅在科学研究领域还是应用实践领域都为人们创造了认识世界的不同角度。

情感计算研究获得大量关注

- 中国科学院《中国至2050年信息科技发展路线图》中指出“**情感计算是建立和谐人机环境的基础之一**，关于情感本身及情感与其他认知过程间相互作用的研究已成为当代认知科学的研究热点”。
- Gartner2017年报告中将“**情感计算**”列入“**脱离曲线技术**”，标志着情感计算不再是新兴技术，而是正慢慢融入我们的生活。
- 2018年世界机器人大会上发布的《新一代人工智能领域十大最具成长性技术展望（2018-2019年）》将**情感智能列为第7项**。



计算机科学领域每年出版情感计算相关文献数

情感计算相关组织和学术活动

■ 学会

- AAAC-Association for the Advancement of Affective Computing
- 中国人工智能学会情感智能专业委员会
- 中国图象图形学学会情感计算与理解专业委员会
- 中国中文信息学会情感计算专委会

■ 标准

- W3C Emotion Markup Language (EmotionML) 1.0
- ISO SC35—情感计算用户界面—框架（已发布）

■ 比赛

- AVEC, EmotiW, MEC等

■ 期刊会议

- IEEE Transactions on Affective Computing (IF: 13.99)
- International conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)

情感计算系统

■ 欧洲和美国的各大信息技术实验室正加紧进行情感计算系统的研究

- 剑桥大学、麻省理工学院、飞利浦公司等通过深入研究“环境智能”、“环境识别”、“智能家庭”等科研项目来开辟这一领域

■ 情感计算系统

- 能将大量广泛分布的数据整合起来，并能以个性化的方式将它们呈现给每个用户
 - 麻省理工学院“氧工程”的研究人员和比利时 IMEC 的一个工作小组认为，开发出一种整合各种应用技术的“瑞士军刀”是提供移动情感计算服务的关键

■ 麻省理工学院Rosalind W. Picard教授领导媒体实验室的情感计算小组

- 系统通过连接在人身体上的生物传感器以及一个识别人面部表情的摄像机收集数据，然后一个称为“情绪助理”的部分来调节一个程序以识别人的情绪
 - 例如，如果你对一段电视讲座的内容感到困惑，助理会重放该片段或者给出解释

■ 微软研究院James Kajiya: Flow的概念产品

- Flow可以让你在计算机前参加一次虚拟会议。逼真的虚拟角色可以很好地表现出你和其他与会者，因此一切看起来都像是一次真的会议，虽然参加会议的人可能在不同的地方。整个会议会被记录为可查询的文本以备以后使用
 - 最大的挑战：模拟构造出人类的注意力变化

课程基本情况

- 普及课， 40学时
- 预修课程：概率论，线性代数，机器学习
- 教学目的和要求：
- 本课程为计算机、数学、神经学、智能科学、生理科学、人机交互等等学科研究生的专业普及课。本课程将讲述情感计算的基本概念、通用理论和方法、模型描述以及典型应用情况。主要内容有情感的认知、情感信号与建模、情感模式特征和情感识别、情感合成、情感计算的应用等。

课程基本情况

- 通过本课程的学习，希望学生了解到情感计算的基本理论和方法、了解到情感计算领域的最新研究成果，掌握基本思想和关键技术，认识到情感计算的重要性，培养学生在情感计算领域的研究能力。

授课安排

- 第一章 绪论
- 第二章 情感的认知和模型
- 第三章 音频情感识别
- 第四章 表情识别
- 第五章 肢体动作与生理信号情感识别
- 第六章 多模态情感识别
- 第七章 情感倾向性分析

授课安排

- 第八章 情感语音合成
- 第九章 表情生成
- 第十章 典型的应用系统及展望

授课特点和形式

- 课堂讲述和课后练习相结合
- 讲授内容既包含传统内容，也注意吸收最新研究成果
- 既考虑一般学生普及入门的需求，也考虑相关专业学生更高的要求
- 尽量用简单而风趣的语言、形象而逼真的例子进行讲授
- 注重引导，将技术落实到解决问题
- 考核方法：大作业

本节课提纲

- 情感概述
- 情感测量
- 情感加工
- 情感化设计

一、情感概述

■ 情感是人对客观事物的态度体验及相应的行为反应

- 客观事物或情境 与 个体的需要和愿望
 - 符合，引起积极的、肯定的情感
 - 不符合，引起消极的、否定的情感
- 情感是个体与环境间某种关系的维持或改变

几个术语

- **情感** (affect): 各种不同的内心体验
 - 例如, 情绪、心境和偏好 (preference)
- **情绪** (emotion): 非常短暂但强烈的体验
- **心境** (mood) 或 **状态** (state): 强度低但持久的体验

Michael Eysenck & Mark T. Keane (2000)
Cognitive Psychology: A Student's Handbook
Fourth Edition, Psychology Press

情感的三种成分

■ 主观体验 (subjective experience)

- 个体对不同情感状态的自我感受

■ 外部表现，即表情 (emotional expressions)

- 在情感状态发生时身体各部分的动作量化形式
 - 面部表情：面部肌肉变化所组成的模式
 - 姿态表情：身体其他部分的表情动作
 - 语调表情：言语的声调、节奏和速度等方面的变化

■ 生理唤醒 (physical arousal)

- 情感产生的生理反应，是一种生理的激活水平，有不同的反应模式

基本情绪与复合情绪

■ 从生物进化的角度看，人的情绪可分为

● 基本情绪（basic emotion）

- 先天的，在发生上有着共同的原型或模式，人与动物共有
- 每一种基本情绪都具有独立的神经生理机制、内部体验和外部表现，以及不同的适应功能

● 复杂情绪（complex emotion）

- 是由基本情绪的不同组合派生出来的

五种基本情绪

■ Power & Dalglish (1997)

- 基于 Oatley & Johnson-Laird (1987) 早期理论，有五种基本情绪，每种都与一个当前目标或计划相对应
 - 快乐 (happiness): 当前目标取得进展
 - 焦虑 (anxiety): 自我保护的目标受到了威胁
 - 悲伤 (sadness): 当前目标不能实现
 - 愤怒 (anger): 当前目标受挫或遭遇阻碍
 - 厌恶 (disgust): 与味觉（味道）目标相违背
- 复杂情绪由五种基本情绪通过不同组合而成

情感的功能

- 适应功能
- 动机功能
- 组织功能
- 信号功能

表情的作用：感觉反馈

- 通过面部肌肉、骨骼肌肉系统的反馈活动可以增强情绪和情感的体验
 - 假装的表情可使人感应到某些情绪
 - 面部表情可能激活和放大某些情绪状态
- 表情通过大脑中产生的生理变化进而激活情绪体验
 - 微笑的面部表情使较冷的血液流入大脑，通过降低大脑的温度产生愉快的情感
 - 皱眉减少血流量，提高了大脑的温度而产生不愉快的状态
- 表情中的身体姿势能够提供感觉反馈，并影响人的情绪和情感
 - 伸展体姿能振奋精神
 - 收缩姿势会降低活力
- 言语行为也影响人的情绪
 - 大声谈论与焦虑有关的事件时，被试会更焦虑
 - 缓慢、微弱的声调谈论与悲伤有关的事件时，被试会感觉更悲伤

二、情感测量

- 情感维度测量
- 表情特征
- 生理指标特征

1. 情感维度测量

- 情感维度理论认为，几个维度组成的空间包括了人类所有的情绪
- 确定情绪维度对情绪测量有重要意义
 - 只有确定了情绪维度，才能对情绪体验做出较为准确的评估

情绪维度 (dimension) 的两极性 (two polarity)

■ 情绪的**动力性**：增力——减力

- 增力：需要得到满足时产生的肯定情绪是积极的、增力的
- 减力：需要得不到满足时产生的否定情绪是消极的、减力的

■ 情绪的**激动性**：激动——平静

- 激动：一种强烈的、外显的情绪状态。是由一些重要事件引起的
- 平静：一种平稳安静的情绪状态，是人们的基本情绪状态

■ 情绪的**强度**：强——弱

- 情绪的强度有强、弱两极：愉快—狂喜，微愠——狂怒
- 在情绪的强弱之间还有各种不同的强度
- 情绪强度的大小决定于情绪事件对于个体意义的大小

■ 情绪的**紧张度**：紧张——轻松

- 情绪还有紧张和轻松两极
- 情绪的紧张度决定于：面对情境的紧迫性；个体心理的准备状态；个体的应变能力

二维理论

■ 二维理论

- 效价 (valence) 或愉悦度 (hedonic tone)
 - 正负情绪的分离激活
 - 近几年, 开始用趋近/逃避 (approach-withdrawal) 代替愉悦度
- 唤醒度或激活度 (activation)
 - 与情感状态相联系的机体能量的程度
 - 现认为, 它与综合生理唤醒或情绪体验的强度有关

■ Bradley et al. (2001)

- 惊反射可作为愉悦度的生理指标
- 皮肤电反应可作为唤醒度的生理指标

三维理论

■ Wundt (1896) 情绪的三维理论

- 愉快-不愉快；激动-平静；紧张-松弛

■ Schloberg (1954) 三维模式图

- 长轴：快乐维度，愉快-不愉快
- 短轴：注意维度，注意-拒绝
- 垂直轴：激活水平的强度维度

■ Plutchik (1970)

- 强度、相似性、两极性

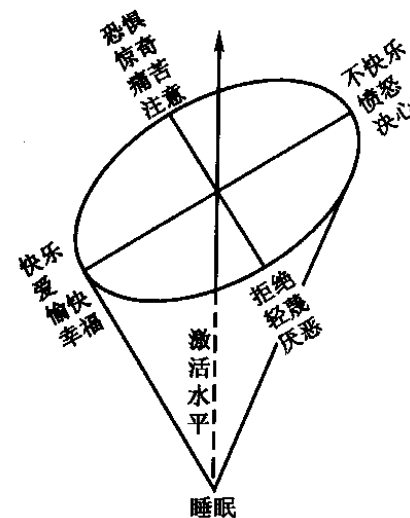


图 10-1 施洛伯格情绪三维模式图
资料来源：克雷奇等《心理学纲要》，1981。）

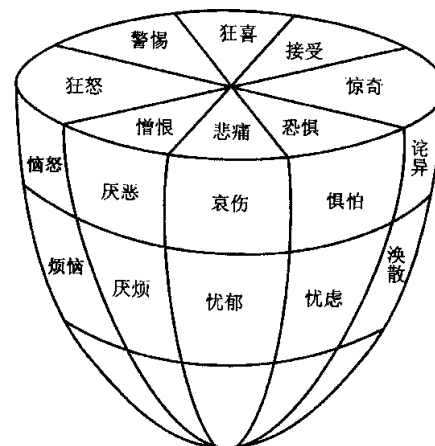


图 10-2 普拉切克的情绪三维模式
(资料来源：斯托曼《情绪心理学》，1986。)

四维理论

■ Izard (1977) 情绪的四维理论

- 愉快度，表示主观体验的享乐色调
- 紧张度，表示情绪的生理激活水平
- 激动度（冲动度），表示个体对情绪、情境出现的突然性的程度，即个体缺乏预料和缺乏准备的程度
- 确信度，表示个体胜任、承受感情的程度

2. 表情特征

- 情绪和情感是一种内部的主观体验，但总是伴随着某种外部表现——可观察到的某些行为特征
- 与情绪、情感有关的行为表现，叫表情
 - 面部表情
 - 姿态表情
 - 语调表情
- 面部表情、姿态表情、语调表情被称之为体语 (body language)，构成了人类的非言语交往方式

(1) 面部表情

- **面部表情** (facial expression) 是指通过眼部肌肉、颜面肌肉和口部肌肉的变化来表现各种情绪状态
- 通过面部表情来体现情感是人们常用的较自然的表现方式
 - 情感表现区域：嘴、脸颊、眼睛、眉毛和前额等
- 面部表情能精细地表达不同性质的情绪和情感，因此是鉴别情绪的主要标志
 - 人在表达情感时，只稍许改变一下面部的局部特征（譬如皱一下眉毛），便能反映一种心态

不同部位有不同作用

- 艾克曼（1975）和林传鼎（1944）证明，人脸的不同部位具有不同的表情作用
 - 眼睛对表达忧伤最重要
 - 口部对表达快乐与厌恶最重要
 - 前额能提供惊奇的信号
 - 眼睛、嘴和前额等对表达愤怒情绪很重要
- 人面部有80块肌肉，估计可以产生7000多种不同的表情
 - 通过面部电子眼动仪（electromyography, EMG）对面部的微小表情变化进行研究
 - 真笑：面颊上升，堆起眼周围的肌肉，大脑左半球的电活动增加
 - 假笑：仅是嘴唇的肌肉活动，下颚下垂，大脑左半球电位活动不明显

表情照片的辨认

■ 辨别不同情绪的表情照片的难度存在差异，

- 最容易辨认的是快乐、痛苦
- 较难的是恐惧、悲哀
- 最难辨认的是怀疑、怜悯



高兴

恐惧

愤怒

悲伤

惊奇

厌恶

图 10-7 婴儿的面部表情

(资料来源: Izard, 1991.)

表情识别和合成

■ 脸部运动编码系统 (FACS)

- Ekman (1972) 提出了脸部情感的表达方法
- 通过不同编码和运动单元的组合，即可以在脸部形成复杂的表情变化，譬如幸福、愤怒、悲伤等
- 该成果已经被大多数研究人员所接受，并被应用在人脸表情的自动识别与合成

■ MPEG4 V2视觉标准

- 定义了3个重要的参数集
 - 人脸定义参数
 - 人脸内插变换
 - 人脸动画参数
- 表情参数具体数值的大小代表人激动的程度，可以组合多种表情以模拟混合表情

■ 研究侧重于对三维图像的更细致的描述和建模，以达到生动的情感表达效果

- 复杂的纹理
- 较细致的图形变换算法

(2) 姿态表情

■ 身体表情 (body expression)

- 人的姿态一般伴随着交互过程而发生变化，它们表达着一些信息
 - 手势的加强，通常反映一种强调的心态
 - 身体某一部位不停地摆动，通常反映情绪紧张

■ 手势 (gesture) 表情

- 手势通常和言语一起使用，也可单独使用
- 手势表情是通过学习得来的
- 手势存在个别差异，存在民族或团体的差异

姿态表情的测量

- 相对于语音和人脸表情变化来说，姿态变化的规律性较难获取，但由于人的姿态变化会使情感表述更加生动，因而人们依然对其表示了强烈的关注
- 科学家针对肢体运动，专门设计了一系列运动和身体信息捕获设备，例如运动捕获仪、数据手套、智能座椅等
 - 国外一些著名的大学和跨国公司，例如麻省理工学院、IBM等在这些设备的基础上构筑智能空间
 - 有人将智能座椅应用于汽车的驾座上，用于动态监测驾驶人员的情绪状态，并提出适时警告
- 意大利的一些科学家还通过一系列的姿态分析，对办公室的工作人员进行情感自动分析，设计出更舒适的办公环境

(3) 语音特征

■ 语调表达 (intonation expression)

- 语音的高低、强弱、抑扬顿挫可以表达说话人情绪

■ 在人类的交互过程中，语音是人们最直接的交流通道，人们通过语音能够明显地感受到对方的情绪变化

- 特殊的语气词
- 语调发生变化

■ 例如，**“你真行”**：赞赏？讽刺？妒忌？

情感语音研究

■ 目前主要侧重于情感的声学特征的分析

- 语音中的情感特征往往通过语音韵律的变化表现出来。
 - 例如，当一个人发怒的时候，讲话的速率会变快，音量会变大，音调会变高等，同时一些音素特征（共振峰、声道截面函数等）也能反映情感的变化。

■ 中国科学院自动化研究所模式识别国家重点实验室

- 提出了情感焦点生成模型、多种语音情感识别方法

■ 中国科学院心理研究所的语音研究

- 语音，语调，重音等

3. 生理指标特征

■ 人计交互研究中用过各种生理指标

- 皮质醇水平
- 心率
- 呼吸
- 皮肤电活动
- 事件相关电位
- 脑电EEG
- 掌汗
- 瞳孔直径
- 血压
- 1/f波动（日本物理学家武者利光）

■ 生理指标的记录需要特定的设备和技术，很难分离混淆因素对记录的生理指标的影响

情绪是过程

■ Scherer (1998)

- 情绪是各子系统的同步活动和动态联结
- 例如，恐惧时会表现出
 - 恐惧体验
 - 恐惧表情
 - 生理反应（肌肉紧张，面色苍白，腹中空虚，血液流向四肢等）

■ Tracy et al. (2001)

- 测量看到蛇而诱发的恐惧情绪
- 结果表明
 - 恐惧体验，面部表情和血压三者呈现一定的波形，并最终回到稳态

三、情感加工理论

■ Bower的语义网络理论

- Bower (1981), Gilligan & Bower (1984)

■ Beck的图式理论

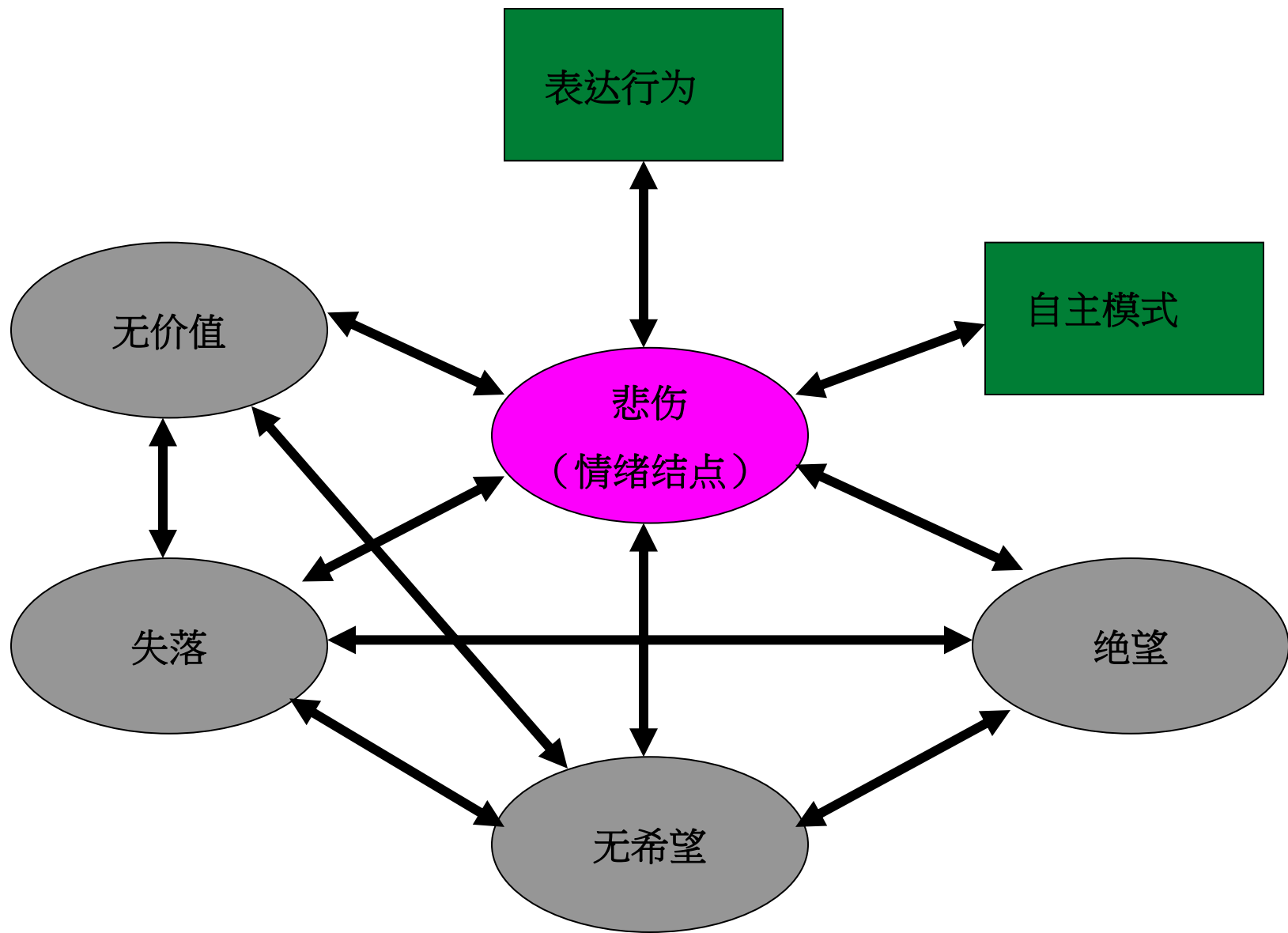
- Beck (1976), Beck & Clark (1988)

■ Williams的理论

- Williams等 (1988, 1997)

■ Rusting的理论

- Rusting (1998)



语义网络理论 (Bower, 1981)

语义网络理论的假说

■ 四个假说 (hypothesis)

- **心境状态依存回忆** (mood-state-dependent recall) : 当回忆的心境与学习时的心境匹配时, 回忆效果最好
- **心境一致性** (mood congruity) : 当情感价值与学习者的心境状态一致时, 情绪性质的信息学得最好
- **思维一致性** (thought congruity) : 个体的自由联想、解释、思维和判断往往在主题上与个体的心境状态一致
- **心境强度** (mood intensity) : 心境强度的增加会引起联想网络中各相关结点激活的增加

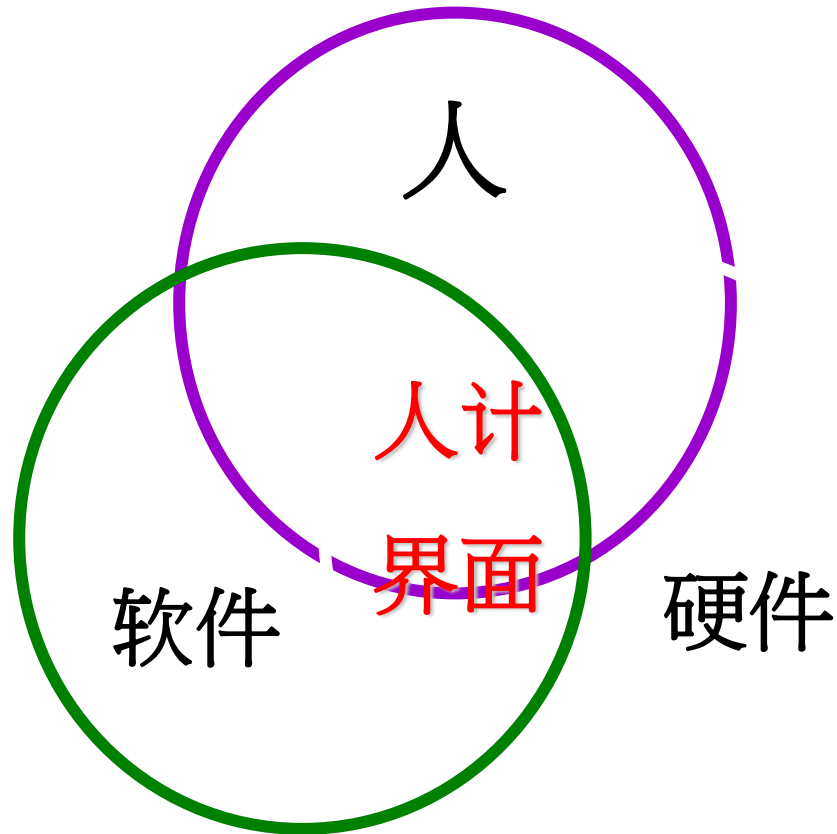
四、情感化设计

■ 目标

- 人性化

- 和谐
- 自然

- 智能化



人机交互

计算机

外形

功效

个性

人的信息加工

对外形的感知

对功效的感受

对个性的反思

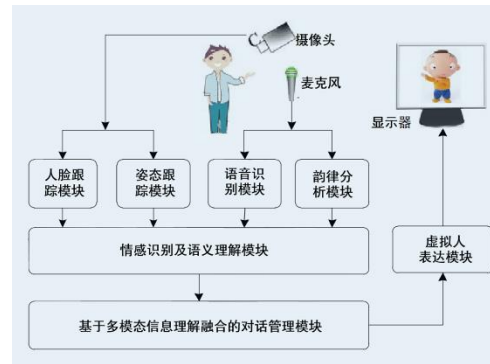
计算机的设计

外形设计

功效设计

个性化

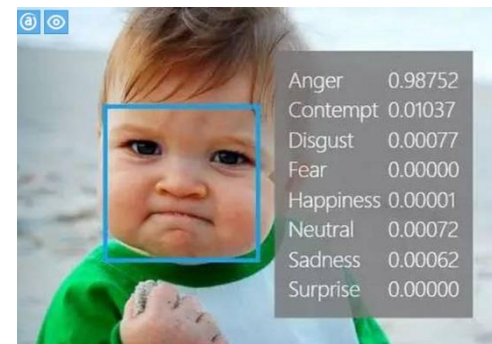
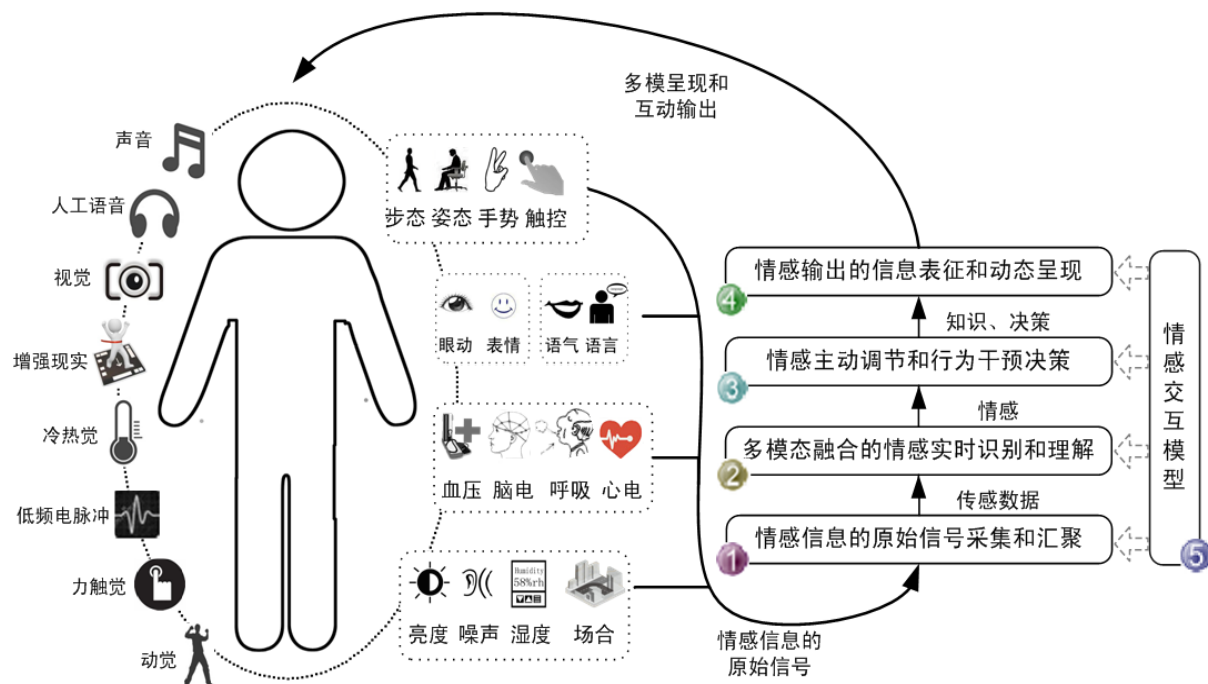
- ❑ 外形设计：产品给人的第一印象
- ❑ 功效设计：人们在使用产品时的所看、所思和所感
- ❑ 个性化：人们使用产品后形成的想法，如它使人产生了什么样的感觉，它为人描绘了什么样的形象，它的主人有什么样的品味等等



情感人机交互

- 人操作机器 → 机器辅助人
- 人围着计算机转 → 计算机围着人转
- 认知型 → 直觉型

在人计交互中，计算机应具有情感能力！



情感计算研究

■ 情感计算研究在于创建一个能感知、识别和理解人的情感，并能针对人的情感做出智能、灵敏、友好反应的计算系统

■ 主要研究内容

- 三维空间中，动态情感信息的实时获取与建模
- 基于多模态和动态时序特征的情感识别与理解及其信息融合的理论与方法
- 情感的自动生成理论及面向多模态的情感表达
- 基于生理和行为特征的大规模动态情感数据资源库的建立

国内的研究现状

■ 研究重点

- 通过各种传感器获取由人的情感所引起的生理及行为特征信号，建立“情感模型”，从而创建感知、识别和理解人类情感的能力，并能针对用户的情感做出智能、灵敏、友好反应的个人计算系统

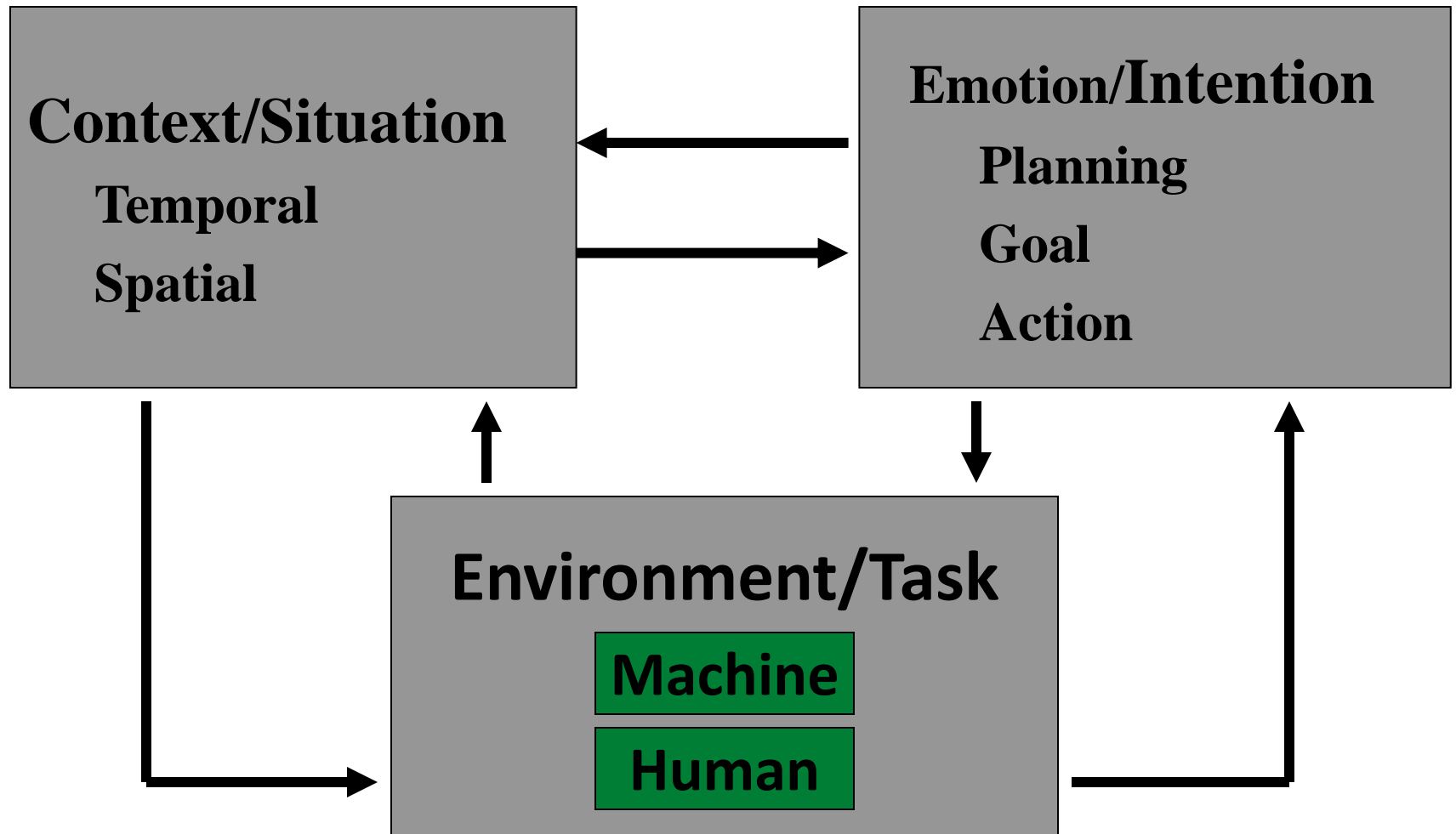
■ 研究内容

- 脸部表情处理、情感计算建模方法、情感语音处理、姿态处理、情感与其他学科的分析、自然人机界面、情感机器人、可穿戴式计算、应用与系统等相关内容

情感交流

- 情感交流是个复杂的信息交流过程，受时间、地点、环境、人物对象和 经历影响，有表情、语言、动作或身体接触
- 自然和谐的人机界面
 - 自然沟通：能看，能听，能说，能触摸；
 - 主动沟通：预期，提问，调整；
 - 有效沟通：对 Context 的变化敏感
 - 不同用户、不同环境、不同任务：不同反馈

Context & Emotion



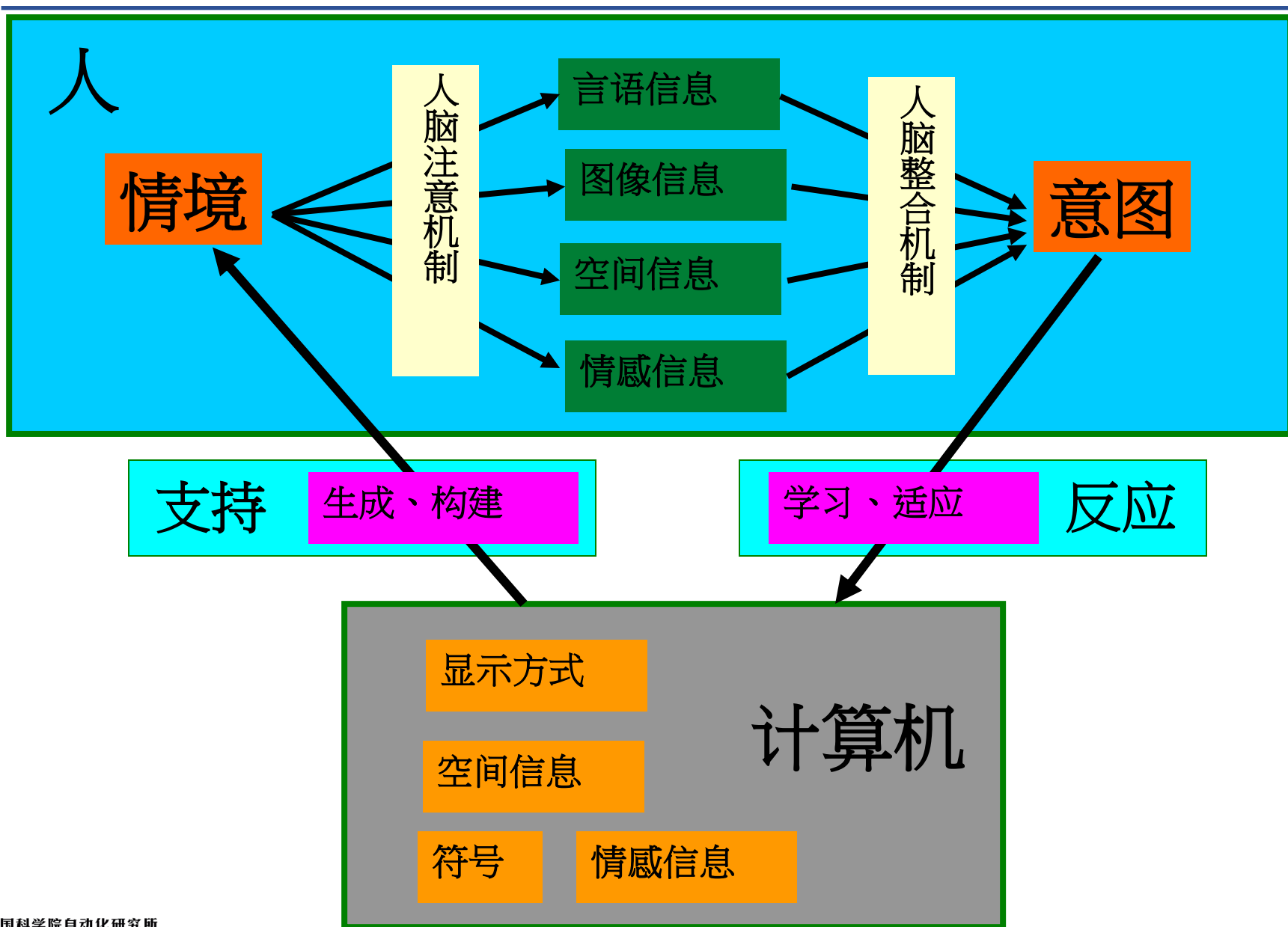
感知 Context，理解 Emotion，做出Response

■ 捕捉关键信息，形成预期，作出反应

- 对不同类型的用户建模
- 利用有效的线索选择合适的用户模型
- 以适合当前类型用户的方式呈现信息

■ 觉察变化，进行调整，作出反应

- 觉察操作（方式）变化的线索
- 调整反应，甚至切换用户模型

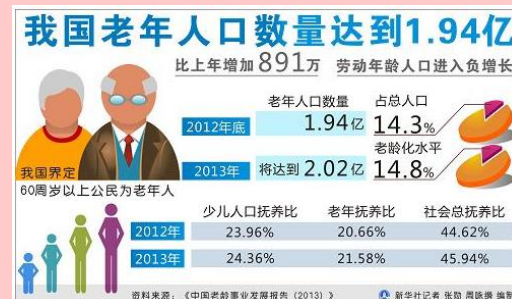


协同攻关

- 通过计算科学与心理学、认知科学的结合，研究人与人交互、人与计算机交互过程中的情感特点，设计具有情感反馈的人机交互环境，将可以实现人与计算机的情感交互。
- 情感计算研究将加深对人的情绪状态和机制的理解，并提高人机界面的和谐性，即提高计算机感知情境，理解人的情绪和意图，做出适当反应的能力。

情感计算应用

- 情感计算能解决诸多国计民生问题，市场规模预计于2024年达到560亿美元。



中国自闭症儿童超过1000万，20%-30%的儿童由于疲劳治疗费用巨大，驾驶引起，高家长全时陪护。速路比例更高。

中国抑郁症患者人数近亿 就诊率却不足一成。近十年增长18%。

世界唯一老人人口过亿国家，智能助老辅助设备，亲情陪伴需求巨大。

测谎

风险评估

智能客服

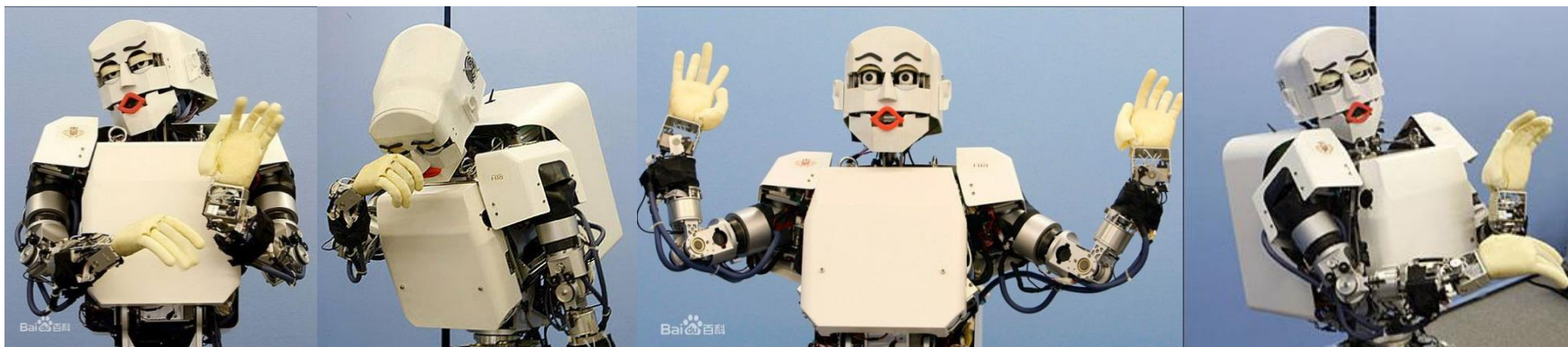
压力倦怠
检测

快乐教学

情感计算应用

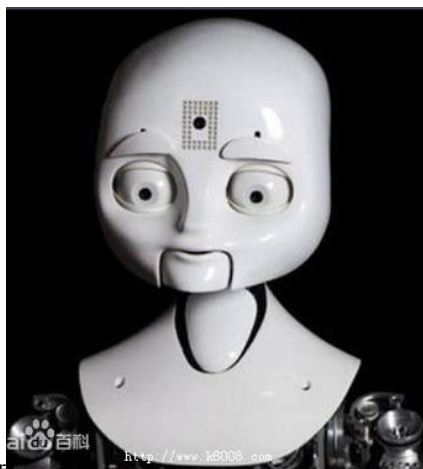
■ 情感机器人

2009年，日本早稻田大学， KOBIAN， 能够表达喜怒哀乐等7种表情



麻省理工学院媒体实验室 Nexi

日本软银 Pepper, 2014



情感计算的应用

■ 教育业

- 语音情感识别技术应用于远程教学手段中可以扩大“专家”教学范围。
- 语音情感识别技术的教学软件通过监控学习者对软件内容的反应，在远程教学过程中，适当地调整教学进度和难度。



情感计算的应用

■ 信息业

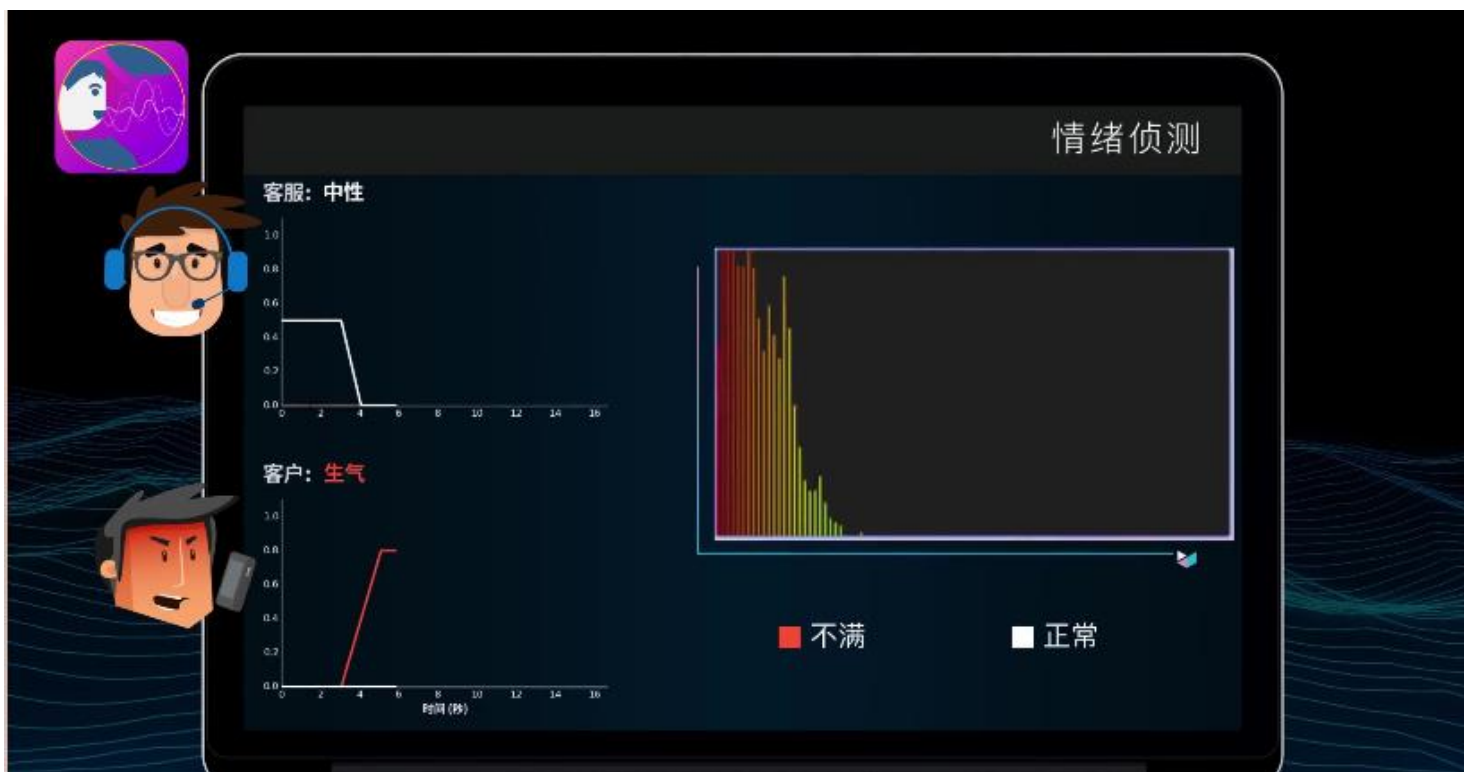
- 在信息爆炸的时代，信息检索尤其重要。除了现在常用的文本检索，情感识别和标注将是多媒体检索中不可缺少的一项重要技术。



情感计算的应用

■ 服务业

- 语音情感识别技术应用于自动呼叫中心，将更加人性化，它能够通过理解客户的“画外音”及时有效地做出变化，最大限度地保留住可能的客户资源。



情感计算的应用

■ 娱乐业

- 情感识别技术应用于点播系统，能对广播电视节目进行情感标注，根据用户提交的情感需求做出合理的响应。用户能随心所欲地看到“高兴”或“难过”的节目。



苏宁联合竹间智能在CES上发布了虚拟AI购物助手Sue

情感计算的应用

■ 刑事与安全

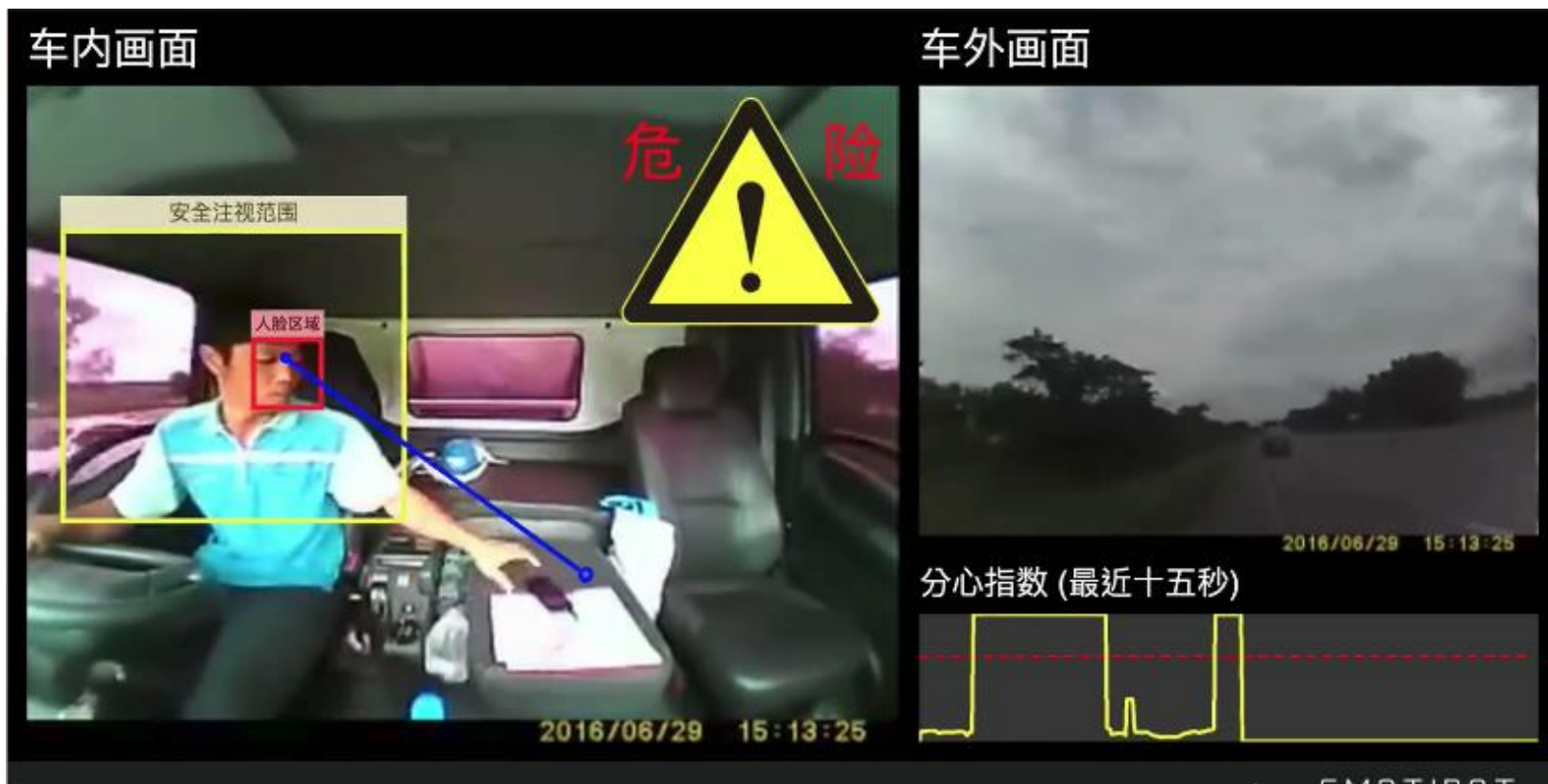
- 语音情感识别技术应用于测谎系统，从语音信号中分析被测者的情绪变化，进而判断其言语的可靠性，辅助刑事与安全专家分析。



情感计算的应用

■ 工业

- 情感识别技术应用于汽车驾驶员疲劳检测，可以做出相应的保护和提醒措施。



情感计算的应用

■ 舆情分析

- 及时掌握社会的情感动态对于维护社会稳定具有重要的意义，对企业而言，及时了解和掌握消费者对信息的反应也可以从中找到机会创造商机。



讨论&问答