

# 以用户情感需求为导向的人屋交互设计研究

## Research on Human-Architecture Interaction Design Oriented to User Emotional Needs

刘洁\*, 胡寒阳  
LIU Jie\*, HU Hanyang

刘洁\* (通讯作者)  
B.1988, 清华大学博士  
北京邮电大学数字媒体与设计艺术学院  
讲师  
LIU Jie\* (Corresponding Author)  
B.1988, PHD., Tsinghua University  
Lecturer, School of Digital Media &  
Design Arts, Beijing University of Posts  
and Telecommunications  
jie.liu@bupt.edu.cn

胡寒阳  
B.1997, 清华大学博士研究生  
HU Hanyang  
B.1997, PHD. Candidate, Tsinghua  
University

深圳市自然科学基金基础研究专项资助  
项目编号: WDZC20200822215113001

定稿日期: 2023-06-08

参考文献

[1] EKMAN P,FRIESEN W V.Facial Action Coding System[J]. Environmental Psychology & Nonverbal Behavior.

[2] RUSSELL J A.A Circumplex Model of Affect[J],Journal of personality and social psychology,1980,39(6):1161.

[3] MEHRABIAN A.Comparison of the Pad and Panas as Models for Describing Emotions and for Differentiating Anxiety from Depression[J].Journal of psychopathology and behavioral assessment,1997,19:331-357.

[4] BOCCIGNONE G,GADIA D,MAGGIORINI D, RIPAMONTI L A, TOSTO V.Wuthering Heights:Gauging Fear at Altitude in Virtual Reality[J],Multimedia Tools and Applications,2023,82(4):5207-5228.

[5] GRIFFITHS P E. III. Basic Emotions, Complex Emotions, Machiavellian Emotions1[J]. Royal Institute of Philosophy Supplements,2003,52:39-67.

[6] HU X,CHEN J,WANG F, ZHANG D.Ten Challenges for Eeg-Based Affective Computing[J].Brain Science Advances,2019,5(1):1-20.

[7] KÜNTZLER T,HÖFLING T T A,ALPERS G W. Automatic Facial Expression Recognition in Standardized and Non-Standardized Emotional Expressions[J].Frontiers in psychology,2021,12:1086.

[8] COWEN A S,KELTNER D.What the Face Displays: Mapping 28 Emotions Conveyed by Naturalistic Expression[J]. American Psychologist,2020,75(3):349.

[9] COWEN A S,ELFENBEIN H A,LAUKKA P,KELTNER D. Mapping 24 Emotions Conveyed by Brief Human Vocalization[J].American Psychologist,2019,74(6):698.

[10] SANTHOSHKUMAR R,GEETHA M K.Deep Learning Approach for Emotion Recognition from Human Body

**摘要:** 研究以空间环境中的用户情感需求为切入点,借助相关理论知识、案例分析及用户实验来系统阐述在以人为本的智能空间环境中,如何通过增加人屋交互设计来满足人们的情感需求,形成空间的情感设计。研究成果包括面向空间情感识别及计算的相关理论及技术的系统梳理和分析;借助实际设计案例和用户实验形成的以用户情感需求为导向的人屋交互设计方法;对未来智能建筑空间环境中提升用户情感体验的可能方法和方向的探讨。研究将为发展更智能、更具有共情能力的智能建筑环境起到推动作用,并形成更好地满足居住者的情感需求和空间体验的设计方法,对用户中心化的智能建筑设计方法起到扩展和补充。

**Abstract:** This research focuses on user emotional needs in the spatial environment. Through related theoretical knowledge and case studies, it systematically elucidates how to meet people's emotional needs in a user-oriented intelligent spatial environment and form emotional spatial design. The research is mainly divided into three parts. Firstly, a systematic analysis of the relevant theories and technologies of emotional recognition and computing in the spatial environment will be illustrated. Secondly, the study will introduce user emotional needs oriented human-architecture interaction design methods based on practical design cases and user experiments. Thirdly, it will discuss possible methods and directions for enhancing user emotional experience in the future intelligent building by exploring potential technologies in other fields. The research helps to form a more intelligent and empathetic building environment and generate better design methods that meet residents' emotional needs and spatial experiences while expanding and complementing user-centred intelligent building design methods.

**关键词:** 人屋交互设计, 智能建筑设计, 情感计算

**Keywords:** human-architecture interaction design, intelligent building design, affective computing

### 0 引言

随着智能科技的迅速发展和广泛嵌入,人们的居住空间环境越来越智能化和便利化。人屋交互设计作为智能建筑研究的新兴方向,主要设计人和建筑之间的信息交换过程。在以用户情感需求为导向的人屋交互设计研究中,如何精确地获取用户的情感信息以及如何设计给用户带来持续愉悦感的空间信息是当前研究所面临的两个难题。因此,本研究试图通过调研多学科文献、结合设计实例、开展用户实验,以综合探讨提升用户情感体验的人屋交互设计方法和未来可能发展的方向。

### 1 空间情感的识别与计算

#### 1.1 情绪的种类

分类模型和维度模型是当前研究者们最常使用的两种情绪模型。分类模型 (Categorical Model) 假设情绪是绝对离散的。心理学家保罗·艾克曼 (Paul Ekman) 提出开心、伤心、害怕、嫌弃、生气和惊讶 6 种基本情绪分类<sup>[1]</sup>。而维度模型 (Dimensional Model) 则假设情绪由多个维度构成,每种情绪都映射到多维情感空间中的特定位置,例如詹姆斯·罗素 (James Russell) 的环形情感模型用“效价”(Valence, 如积极和消极) 以及“唤醒”(Arousal, 如高和低) 两个维度表达情绪<sup>[2]</sup>; 阿尔伯特·梅拉比安 (Albert Mehrabian) 在此基础上增加了“支配度”(Dominance), 提出 PAD 情感三维理论<sup>[3-4]</sup>。

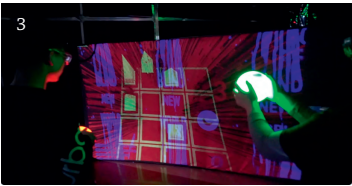
人的情绪具有复杂性和混合性的特点。复杂情绪是多种基本情绪的总和,如仇恨可能是愤怒、恐惧和厌恶的融合<sup>[5]</sup>。而混合情绪意味着积极情绪和消极情绪并非两极对立。例如,人们面临新机会时既因迈向新阶段而喜悦,又因前途未知而恐惧<sup>[6]</sup>。

#### 1.2 情感的识别与计算方法

目前,多种方法和技术被用于人类情感识别与计算,主要分为人的外部表现和生理反应两类,前者又可细分为表达与行为两方面(表 1)。

表 1 情感识别类型，胡寒阳 绘制

| 情感识别类型   | 内容                  | 原理  | 方式  | 优缺点   |
|----------|---------------------|---|---|---|
| 外部表现（表达） | 面部表情                | 额肌、瓦楞肌、眼轮匝、提唇肌、颧肌、斜口肌、降口角肌、颏肌             | Emotient, iMotions-Affectiva, AzureFaceAPI, FaceReader, SHORE™, Face++, Facial Action Coding System, BP4D-Spontaneous, EmoVu, Facet, FACS, facial EMG | 方法成熟，广泛应用<br>自然社会环境下识别效果差<br>计算密集型方法，对相机设备要求高<br>难以实时计算 |
|          | 声音                  | 人声的9个声学特征，即平均音高、音高方向、音高动态、抖动、平均强度、闪烁和频谱斜率 | Computerized acoustic parameter extraction methods, The Geneva Minimalistic Acoustic Parameter Set (GeMAPS), Open Vokaturi SDK                        | 可实时计算<br>现有研究多基于英语<br>通常与其他方法结合进行识别                     |
| 外部表现（行为） | 姿态                  | 头、手、腿、身体中心                                | VICON Motion System, Helen Hayes, Panoptic Studio (CMU), Microsoft Kinect, OpenPose 姿态估计算法  | 较真实、难以伪装和模仿<br>可非接触远程识别<br>现有研究较少，且多为单人步态研究             |
|          | 步态                  | 手臂摆动、步幅长度、垂直头部运动、站立与行走阶段时长、速度和身体倾斜度       | VICON Motion System, Helen Hayes, Microsoft Kinect, OpenPose 姿态估计算法   | 较真实、难以伪装和模仿<br>可非接触远程识别<br>现有研究较少，且多为单人步态研究             |
| 生理反应     | 神经系统与大脑的生理反应及特征激活水平 | 生理信号                                      | 皮肤电GSR、心电ECG、脑电EEG、脑磁MEG、功能磁共振fMRI、功能近红外光谱成像fNIRS、心率HR、瞳孔扩张程度、血压、呼吸、去甲肾上腺素等设备：Bio-pack, Bio-harness   | 对实验室环境要求高<br>设备、仪器对被试有干扰<br>真实、难以伪装和模仿、准确度高             |



- 1 装置采用0.5mm光导纤维作为触觉材料并进行动作设计，来源：童涵爽、尤晓慧、刘徽建
- 2 集群装置中“蛭蛭笼”的隐喻
- 3 BlindNewWorld通过交互内容的设计营造人与人、人与空间的多维度社交愉悦，来源：张敬雯、张海若、钟沛禧、徐寒

Movements with Feedforward Deep Convolution Neural Networks[J],Procedia Computer Science,2019,152: 158-165.

[11] ALTIERI A,CECCACCI S,MENGONI M.Emotion-Aware Ambient Intelligence:Changing Smart Environment Interaction Paradigms through Affective Computing, Distributed,Ambient and Pervasive Interactions[C].7th International Conference,DAPI 2019,Held as Part of the 21st HCI International Conference,HCI 2019,Orlando, FL,USA,July 26–31,2019,Proceedings 21,Springer, 2019:258-270.

[12] TIGER L.The Pursuit of Pleasure[M].1st ed.,Little,Brown, Boston,1992.

[13] LOKEN L,WESSBERG J,MCGCLONE I F,OLAUSSON H. Coding of Pleasant Touch by Unmyelinated Afferents in Humans[J],Nature Neuroscience,2009,12(5),547-548.

[14] ROCHELLE A,IDA C,HENRIC W,HÅKAN O, HELENA B W.Touch Perceptions across Skin Sites:Differences between Sensitivity,Direction Discrimination and Pleasantness[J],Frontiers in Behavioral Neuroscience, 2014,8(8):54.

[15] SIMONOV P V.Brain Mechanisms of Emotions[J], Neuroscience & Behavioral Physiology,1997,27(4):405-413.

人的表达主要是对面部表情和声音的分析。面部表情分析多通过对眼轮匝肌、颧肌等面部肌肉的特征进行离散情绪分类，且不同面部表情识别系统对于特定面部表情的识别准确性存在差异<sup>[7]</sup>。相比于实验室环境，自然社会环境下实时识别效果较差。声音情绪依据人声的 9 个声学特征，并运用情绪分类模型进行分析和预测。性别、性格、语言、文化等因素的考虑将提高识别系统的准确度并带来多样性。Cowen 等人通过 T 分布随机邻域嵌入（t-SNE）的可视化技术，已实现 28 种情绪的面部识别和 24 种情绪的声音识别<sup>[8-9]</sup>。

姿态和步态是行为情绪分析的两大重点。姿态情绪分析使用计算机视觉技术从检测到的姿态数据中提取与情绪相关的动作特征，包括头、手、腿、身体中心等部位的位置、角度、运动轨迹、速度、加速度等。步态情绪分析是通过分析人体行走的步态，如手臂摆动、步幅长度和垂直头部运动，以及站立阶段、行走速度和身体倾斜度等因素，来识别和理解情绪状态<sup>[10]</sup>。行为情绪分析受到环境、动作等因素干扰，但凭借其非接触式的识别方法、真实难伪装的特性获得研究者的关注。

基于监测生理神经系统与大脑的生理反应（皮肤电、心电、脑电、脑磁等）的情感识别模型具有真实性与准确度高特点。然而，多数生理信号的测量在实验室环境进行，设备和仪器可能会干扰用户行为与自发性<sup>[11]</sup>，自然环境的情绪识别有效性有待进一步探讨。

2 情感导向的人屋交互设计

情感导向的人屋交互设计中，使用者的情绪分析结果将会用来作为改变空间的信息依据，并通过不同的设计维度来提升使用者的情绪感受，提高空间愉悦度。

（1）愉悦感的设计维度：基于莱恩尔·泰格（Lionel Tiger）提出的愉悦感因素模型<sup>[12]</sup>，人屋交互设计的愉悦感维度可以分为 4 个层级。（a）生理愉悦维度，即通过知觉渠道（如视觉、嗅觉、触觉、听觉、味觉）直接感知物体而形成愉悦感。如“Pet Your Mind”装置通过对材料粗细和运动速度的研究设计来模拟动物之间抚触行为<sup>[13-14]</sup>，以提升人屋交互过程中生理维度的愉悦感（图 1）。它对移动缓慢的形成带有亲密感受的触觉反应，同时对与人体毛发物理特征相似的物质也会形成积极情感反应。（b）精神愉悦维度，即通过自身已有知识理解设计意图，发现其中“隐喻”，从而产生满足感和愉悦感。例如，在“集群”装置设计中，81.82% 的参与者表示当他们意识到装置源于“蛭蛭笼”概念时（图 2），愉悦感明显提升。（c）社交愉悦维度，即通过与他人及其他生物的互动来交流和获取信息，因社会认同和自我认同形成的愉悦感。人屋交互设计需要设计多层次交互体验，以提高体验者的社交愉悦。如“Blind New World”装置通过设计人与空间信息的交互和多人合作模式的交互以提升空间的社交愉悦（图 3）。（d）意识愉悦维度，即因人们的价值反思而愉悦。当人们欣赏某个事物时，意识到它在改善生活、获得尊重方面的作用，从而认可自己的价值判断，会感到自我思想的升华和愉悦。

（2）提升愉悦感的设计方法：愉悦感的程度会因个体特征、认知经验和信息预期等因素而异。根据帕维尔·西蒙诺夫（Pavel Vasil'evich Simonov）提出的模型，人的情绪变化取决于需求信息和可得信息的比值<sup>[15]</sup>。结合愉悦感形成的 4 个维度，人屋交互设计愉悦度的数学关系可以如下表示：

$$E = G_t \times D - (\frac{\sum_{k=1}^n (\frac{G_k}{C_k})}{n} \times C_i)$$

人的愉悦度（E）受到过去交互事件的次数（n）、获得信息量（G<sub>k</sub>）、付出信息量（C<sub>k</sub>），以及当前交互中实际付出的信息量（C<sub>i</sub>）、实际获得的信息量（G<sub>i</sub>）和愉悦感维度（D）的影响。因此，在以往交互体验中有过高回报体验的人遇到低回报的交互事件会情绪沮丧；而一直低回报体验的人遇到高回报率的交互事件则会产生愉悦。因此，要实现情感导向的人屋交互设计，需考虑两点：一是采用自然交互方式，减少使用者的付出信息量要求，尽可能通过使用者自发行为完成空间信息传递；二是不断升级交互设计，提供超出使用者期望的丰富空间信息内容和维度，积极引导使用者情绪。

3 结语

目前，以用户情感需求为导向的人屋交互设计研究尚处于起步阶段，亟需大量基础研究补充。首先，当前情绪识别研究多在实验室环境，情绪数据模型对真实生活场景的适用性不够，需进一步研究真实环境下无感的、隐私友好的情绪识别方法。同时，目前空间情绪多是短效研究，需进一步探索长期变化曲线。再者，人屋交互设计作为跨学科研究，以往基于经验主义的设计方法需要被迭代为基于大量用户实验的科学设计方法。在不同情绪状态下，空间信息的内容、维度和变化速度等设计要素还需要进一步科学化研究和验证，以科学推动情绪健康的智能空间环境设计的发展。□