

# 全认知情感理论——一种新的心智计算模型

浦江

(徐州工程学院 徐州 221111)

**摘要** 试图建立全认知情感理论的基础和框架体系。首先提出一种新的心智计算模型——多层次需求-认知-情感模型;在吸取信息与知识理论、情感动机-信息理论、马斯洛需求层次论和 PAD 三维情感理论的研究成果基础上,定义了不同时间节点的信息和情绪参量(先验、后验、实得和预期),重点分析了信息-情绪和知识-感情两层交互机制,对信息、知识的认知机理以及情绪、感情的生成机理进行分析,建立信息-情绪和知识-感情的交互机理模型,导出了相应的交互定理,揭示了人类丰富而复杂的认知-情感交互规律;依据基本情绪与 PAD 值的对应关系,分析了 14 种情绪 PAD 值的情感计算,包括情绪状态的形成及其迁移机制,分析了情绪状态从惊奇到喜悦的迁移过程,并用实例证明了全认知情感理论的应用。全认知情感理论是一种新的关于认知情感交互机理的学说。

**关键词** 全信息理论,情感信息理论,PAD 三维情感模型,全认知情感理论,认知-情感交互机理

**中图分类号** TP181 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2014.07.003

## Comprehensive Cognition Emotional Theory

—A New Mind Computing Model

PU Jiang

(Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou 221111, China)

**Abstract** This paper attempted to establish the basis for theoretical framework of comprehensive cognitive emotion. Firstly, a new mind computing model-multi-level needs-cognitive-emotional model was proposed. Based on absorbing information and knowledge from research fruit of emotional motivation-information theory, Maslow's hierarchy of needs theory and PAD dimensional emotion theory, this paper defined the different time node of information and emotions (a priori, a posteriori, actually obtained and expected parameters), focused on analysis of two-tier interaction mechanisms of information-emotional and intellectual-emotional, analyzed information, knowledge and cognitive mechanism, emotional formation mechanism, established information-emotional and intellectual-emotional interaction mechanism model, derived the corresponding interactive theorem which reveals the rich and complex human cognitive-affective interaction laws, and based on the corresponding relationship of basic emotions with PAD value, analyzed 14 kinds of emotional feelings PAD value calculation, including the emotional state of the mechanism of formation and migration, and analyzed emotional state migration process from surprise to delight, gave examples to prove applications of cognitive emotion theory. Comprehensive cognitive emotion theory is a new mechanism of cognitive emotion interaction.

**Keywords** Comprehensive information theory, Emotional information theory, PAD dimensional model of emotion, Comprehensive cognitive emotion theory, Cognitive-emotional interaction mechanism

人类的心智活动存在着巨大的复杂性,游离于确定/不确定<sup>[1,2]</sup>、快/慢<sup>[3]</sup>、感性/理性、外部心理/内部心理<sup>[4]</sup>之间,是一个有趣而富有挑战的世界难题。

人类不仅要认识客观世界,还要认识自己的主观世界,包括人的认知和情感活动,在相当长的时期内,人们对认知和情感的研究是独立进行的。但近期大量认知科学和神经生物学研究表明,认知和情感之间是相互依存、相互影响的,存在着复杂的内在联系<sup>[5]</sup>。LeDoux 和 Ralph 等<sup>[6,7]</sup>揭示脑的部分区域与情感的高级处理阶段有关;Purves 等研究发现<sup>[8]</sup>,与处理情感有关的脑区域是和决定下一步行为的脑组织结构相互连接、相互影响的。这些发现认为大脑不再单纯是一个认知

信息处理系统,而是一个情绪与认知相互综合的系统<sup>[9]</sup>。科学家们已经意识到,有必要提出一个全新的概念框架来描述认知与情感的关系<sup>[10]</sup>。

需求是个体心智活动的最基本动力源泉,是个体在生存中感到某种欠缺而力求获得满足的内心状态,需求(包括动机、意图、愿望和信念等不同层次需求及其变化)不仅决定着认知和情感活动的开始和结束,对认知和情感产生引领作用,而且在认知过程、情感体验中发挥着重要的作用,决定着认知和情感状态的类型、强度、迁移和转换,人类的需求、认知和情感存在着复杂的内在联系和交互机理,也是人类心智活动的核心机制。

到稿日期:2013-08-06 返修日期:2013-12-02 本文受 2013 江苏省“十二五”规划课题(D/2013/01/086),2013 江苏省教育厅研究课题(2013JSJG256),2013 江苏省现代教育技术课题(2013-R-26377)资助。

浦江 副教授,主要研究领域为信息理论、认知理论、人工情感、现代教育技术等。

文献[11]中首次提出了全信息情感学,它将全信息理论、知识理论、智能理论、认知心理学、情感理论融为一体<sup>[12-15]</sup>。在文献[16,17]中提出了全信息情感理论的有关概念、定义和模型。文献[18]提出了一种信息与情感交互机理的假说。本文对已建立的相关理论进行了全面的梳理,试图建立全认知情感理论及其框架体系,这对于探究人类心智活动的核心机理,开发心智潜能具有重要意义。

## 1 多层次需求-认知-情感模型

心智活动是人类大脑的特有功能,人类可以从极不相同的角度或者粒度(尺度)空间上观察和分析同一问题,从一个粒度空间跳到另一个粒度空间,往返自如,这正是人类心智活动的魅力所在。通过深入研究发现人类心智活动的核心机理就是需求-认知-情感的交互作用,建立科学的需求-认知-情感交互的数学模型,研究在同一层次内的需求-认知-情感的交互(心理状态的形成)和不同层次(粒度)空间的迁移(心理状态的迁移)机理将是必须解决的核心问题。

现代情绪心理研究表明,人类的情绪根据其形成的不同原因可分为3类:反映情绪、认知情绪和预期情绪<sup>[19,20]</sup>,反映情绪本质上是一种条件反射,这种情绪的产生不依赖于当时的环境状态,而是依赖于对象-情绪的联接;认知情绪是个体对某个其主观上认为重要的事件进行评价而产生的情绪;预期情绪是个体在评估其行为的后果时意识到的将来有可能体验到的情绪,而不是在决策时所体验到的情绪。根据 LeDoux 等人的研究<sup>[6]</sup>,人类的认知活动按照信息加工路径的不同可分为反应式认知行为和慎思式认知行为,反应式认知行为指不需要大脑皮层深度加工的潜意识性的认知行为,而慎思式认知行为是经过深度加工之后输出的认知行为。这两种认知行为分别受到不同类型情绪的影响,反应式认知行为主要受反应式情绪决定,而慎思式认知行为则在很大程度上受到认知情绪和预期情绪的影响,建立多层次的需求影响下的认知-情感交互模型,才能真实反应认知与情感的交互作用。

人类心智活动的宏观模型——多层次需求-认知-情感模型,如图1所示。自下而上分别为:感知信息-情绪层次(为数据驱动,简称信息-情绪层)、概念知识-感情层次(为概念驱动,简称知识-感情层)和模式智能-意志层次(为模型驱动,简称智能-意志层)。层内各模块之间属于紧密型交互自组织完成,如信息-情绪层属于全信息的自组织,知识-感情层属于全知识的自组织,而智能-意志层属于全智能的自组织;层与层之间的迁移来自于需求-认知-情感多因素的涌动和混沌作用产生的涨力和旋力(自下而上或自上而下,可以由外界刺激触发,也可以由内部启动),人类的直觉、灵感、顿悟等创新思维来自于三层体系之间的交互作用所形成的旋风体<sup>[21]</sup>,它是一种在三层结构基础上自下而上(或自上而下)的旋转运动,带动了信息-知识-智能-情绪-感情-意志,实现着人们的需求-愿望和信念,这就是思维的形成机理,我们称之为思维的旋风体结构。

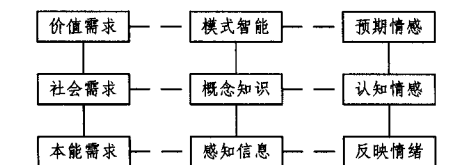


图1 需求-认知-情感三层模型

人的决策和行为由两方面的驱动共同来决定,一方面是自下而上的数据驱动,另一方面是自上而下的模式驱动,数据驱动经历了感知-数据-信息等阶段,满足本能需求,产生反应情绪;模式驱动经历了模式(目标)-智能-知识等阶段,在预期情感和认知情感的推动下与下层的数据驱动实现对接,从而产生满足各种需求的决策和行为。信息-情绪层次主要完成人类感觉信息加工过程,解决是谁(或什么)、怎样、做什么形成对事物对象的初步认知;知识-感情层次主要完成知觉信息加工过程,解决为什么的问题,形成知识或受一般知识指导,从而积累经验并形成对事物的完整认知;智能-意志层主要完成模式的信息加工过程,主要解决认知对象有何价值和效用问题。将各种复杂问题形成自上而下的模式驱动与自下而上数据驱动在知识-感情层处相衔接,产生快速而优化的决策方案。

## 2 相关理论

### 2.1 全信息、知识理论

全信息理论是由我国著名信息论专家钟义信教授提出的<sup>[1,22-24]</sup>。全信息是主体关于某事物认识论层次的信息,包括语法信息、语义信息和语用信息。文献[1]对各类信息(包括概率信息、偶发信息、模糊信息和确定型信息)进行描述,分别用信息的肯定度、逻辑真实度和效用度对信息的形式(语法)、内容(语义)和效用(语用)进行度量。

知识是人类宝贵的精神财富,它所表述的是事物运动状态的变化规律,它与信息概念的主要区别是,信息表述的仅仅是事物的运动状态及其运动方式,没有涉及到变化规律。知识是认识论范畴的概念,是相对于认知主体而存在的。同认识论信息(全信息)类似,一切知识,无论是数学、物理、化学、天文学、地学、生物学知识,还是工程科学知识,它们所表达的“事物运动状态及其状态变化规律”必然有一定的外部形态,与此相应的知识称为“形态性知识”;知识所表达的“运动状态及其状态变化规律”也必然具有一定的逻辑内容,与此相应的知识称为“内容性知识”;知识所表达的运动状态和状态变化规律必然对主体呈现某种效用,与此相应的知识称为“效用性知识”。形态性知识、内容性知识、效用性知识三者的综合称为全知识。

文献[25]对各类知识(包括经验型知识、规范型知识、常识性知识等)进行描述,分别用知识的平均肯定度、逻辑真实度和效用度对知识的形式、内容和效用进行度量。

### 2.2 情绪的动机-信息理论

情绪的动机-信息理论的代表人物是普里布拉姆(K. H. Pribram)和西米诺夫(P. V. Siminov)。普里布拉姆认为,情绪监测着脑的加工、认知活动和社会行为。西米诺夫主张,情绪(E)等于期望信息(In)与后验信息(Ia)之差和需要(N)的乘积,即: $E = -N(In - Ia)$ 。西米诺夫认为,情绪本身具有一种强烈的生理激活的力量。当有机体需要的信息等于可得的信息时,有机体的需要得到预期满足,情绪便是稳定的。如果信息过剩,超出了有机体预期的需要,便会产生积极的情绪;反之,则会产生消极情绪。西米诺夫的情绪理论尽管比较简单,但它为情绪研究开辟了一个新的视野和方向。遗憾的是,西米诺夫没有对信息、需要的性质和它们的内在联系进行深入的动力学分析。

### 2.3 马斯洛需求层次理论

马斯洛需求层次理论(Maslow's hierarchy of needs),亦

称“基本需求层次理论”，由美国心理学家亚伯拉罕·马斯洛提出<sup>[26]</sup>。该理论认为：主体成长发展的内在力量是动机。而动机是由多种不同性质的需要所组成的，各种需要之间有先后顺序与高低层次之分；马斯洛将需求分为7个层次，像阶梯一样从低到高，按层次逐级递升，分别为：生理需求、安全需求、情感和归属的需求、尊重的需求、自我实现的需求、求知需要和审美需要。

人类既有客观现实的需求又有主观愿望（精神层面）的需求，人们的需求具有多样性、变化性以及从低层次向高层次需求演化的特征，它在主观上通常以需要、动机、愿望、信念等形式被人所体验。

## 2.4 PAD 三维情感模型

PAD 三维情感模型是由 Mehrabian 和 Russell 于 1974 年提出的维度观测量模型，该模型认为情感具有愉悦度、激活度和优势度 3 个维度，其中 P 代表愉悦度（Pleasure-displeasure），表示主体情感状态的正负特性；A 代表激活度（Arousal-nonarousal），表示主体的神经生理激活水平；D 代表优势度（Dominance-submissiveness），表示主体对情景和他人的控制状态。同时也可以把这 3 个维度的值来代表具体的情绪和情感。

研究表明，利用 P、A、D 3 个维度可有效地解释人类的情感。例如，Mehrabian 等人利用这 3 个维度可解释其他 42 种情感量表中的绝大部分变异，而且这 3 个维度并不限于描述情感的主观体验，它与情感的外部表现、生理唤醒有较好的映射关系。文献<sup>[27]</sup>的研究表明：PAD 三维情感模型可以充分地表达和量化人类情绪和情感，是情感计算研究的基础。

## 3 全认知情感理论的基本概念

### 3.1 信息、知识的全信息表示

#### 3.1.1 信息的全信息表示

在全信息理论中，本体论信息是事物的原始信息，是该事物关于自身所处状态及其变化方式的自我表述。本体论信息是事物本身所表现的信息，与主体是否存在无关；认识论信息（或称全信息）是认知主体关于某事物所处状态及其变化方式的表述。由于主体具有感知能力、理解能力和目标，因此这种表述将包括状态/形式的形式、含义及其对主体而言的效用，分别称为语法信息、语义信息和语用信息，它们的整体则称为全信息。通常用符号  $\Delta I_{syn}$ 、 $\Delta I_{sem}$ 、 $\Delta I_{prag}$  和  $\Delta I_e$  分别表示语法、语义、语用信息和全信息的增量，它们之间的关系为：

$$\Delta I_e = F(\Delta I_{syn}, \Delta I_{sem}, \Delta I_{prag}) \quad (1)$$

即全信息为  $\Delta I_{syn}$ 、 $\Delta I_{sem}$ 、 $\Delta I_{prag}$  的某种运算， $F$  为信息的个性运算符，如信息编码（译码）、记忆（提取）、聚类（选择）等操作，由于主体接触的信息是复杂多样的，可以是确定的、随机的、模糊的、灰色和未确知的<sup>[21]</sup>，因此  $F$  就应该是相应的、确定的、随机的、模糊的或未确知的运算操作，例如，确定性信息的编码操作、随机性信息的聚类操作等，从而形成不同类别信息的加工方式。即使是同一个人，在不同的情境、场合下对同一个问题也会产生不同的认知信息量，这是全认知情感理论的基础和出发点。

认知科学研究表明：主体对事物（包括事件、活动等）认知信息的差别主要来源于主体对事物所包含各类信息的体验不同。为了建立事物的信息认知模型，引入主体的先验信息、后

验信息、实得信息的概念。

先验信息：关于事物 X 的“先验信息”是指主体在实际观察该事物之前已经具有的关于该事物的信息。先验信息既与事物本身的运动状态及其变化方式有关，也与主体的主观因素有关，用  $I_o(X;R)$  表示。

后验信息：是指主体在实际观察该事物之后所获得的关于该事物的信息。它与本次观察的环境、方式和目的有关，用  $I_a(X;R)$  表示。

实得信息：是指主体由于观察了该事物而实际获得的该事物的净信息，用  $\Delta I(X;R)$  表示。实得信息、先验信息和后验信息的关系为：

$$\Delta I(X;R) = I_a(X;R) - I_o(X;R) \quad (2)$$

对事物有了解的人往往获得了一定的先验信息，而没有了解该事物的人其先验信息就很少，因此他们在观测同一事物时实得信息差别会很大。

#### 3.1.2 知识的全信息表示

知识来源于对各类信息的分析、判断、提炼和总结，是信息加工的规律性产物，同认知论信息一样，是认识论范畴的概念，它所表述的是事物运动状态及其变化规律，任何知识都是由相应的形态性知识、内容性知识和效用性知识构成。容易看出，这里的形态性知识与全信息的语法信息概念相联系；内容性知识与全信息的语义信息概念相联系；效用性知识与全信息的语用信息概念相联系；知识的这种分类方法，抓住了知识的本质，体现了知识与信息之间的内在联系。通常用符号  $\Delta K_{syn}$ 、 $\Delta K_{sem}$ 、 $\Delta K_{prag}$  和  $\Delta K_e$  表示形态性知识、内容性知识、效用性知识和全知识的增量，它们之间的关系为：

$$\Delta K_e = G(\Delta K_{syn}, \Delta K_{sem}, \Delta K_{prag}) \quad (3)$$

即全知识为  $\Delta K_{syn}$ 、 $\Delta K_{sem}$ 、 $\Delta K_{prag}$  的某种运算， $G$  为知识的个性运算符，如分析、判断、推理、演绎、归纳（或综合）等。如对随机信息进行统计分析推理就可以形成概率统计方面的知识，对未确知信息进行判断和处理就可以形成未确知信息应用方面的知识等。

为了建立认知的全知识模型，有必要引入先验知识、后验知识、实得知识的概念。

先验知识：关于事物 X 的“先验知识”是指主体在实际观察该事物之前已经具有的关于该事物的知识。先验知识既与事物本身的运动状态及其变化规律有关，也与主体的主观因素有关，用  $K_o(X;R)$  表示。

后验知识：是指主体在实际观察该事物之后所获得的关于该事物的知识。它与本次观察的环境、方式和目的有关，用  $K_a(X;R)$  表示。

实得知识：是指主体由于观察了该事物而实际获得的该事物的净知识，用  $\Delta K(X;R)$  表示。实得知识、先验知识和后验知识的关系为：

$$\Delta K(X;R) = K_a(X;R) - K_o(X;R) \quad (4)$$

对事物有研究的人往往获得了丰富的先验信息和知识，并形成了信息-知识转换的方法、途径、手段和模式，即 F-G 算子的转化，而对事物缺少研究的人获得的先验信息和知识就很少，因此它们在观测同一事物时实得知识差别会很大。

在全认知情感理论中，对各种不同信息和知识的处理能力及其 F-G 算子的相互转化是一个人智商高低的重要体现。

### 3.2 情绪、感情的全信息表示

人类的情感是客观事物是否能够满足人的需要的态度和

体验,情绪和感情是人类情感体验的两个不同的阶段,情绪是体验的初级阶段,而感情则是情感的深度体验,这两种态度和体验均属于认识论范畴,相对认识主体而存在。因此,同认识论信息类似,不论是情绪还是感情都存在着体验的形式化表现,体验所表示的内容以及形式、内容所体现出的效用和价值。情绪、感情的表示方法类似于全信息理论中认识论信息和知识的表示,这种表示方法既能反映认知过程对情绪和感情的影响,也能反映情绪、感情对认知过程的反作用。

### 3.2.1 情绪的全信息表示

引入情绪全信息变量  $E$ ,按照全信息的概念,情绪的全信息形式可表示为:

$$\Delta Ee = F'(\Delta E_{syn}, \Delta E_{sem}, \Delta E_{prag}) \quad (5)$$

依据 PAD 三维情绪模型,情绪的外在表现形式  $\Delta E_{syn}$  由 PAD 三维模型的激活度来表征;其内在含义  $\Delta E_{sem}$  由 PAD 三维模型的愉悦度来表征;情绪的效用价值  $\Delta E_{prag}$  由 PAD 三维模型的优势度来表征,即:

$$\begin{aligned} \Delta Ee &= F'(\Delta E_{syn}, \Delta E_{sem}, \Delta E_{prag}) \\ &= F'(\Delta Ea, \Delta Ep, \Delta Ed) \end{aligned} \quad (6)$$

$F'$ 为情绪个性运算符。每一个人都有自己的情感个性空间,对于不同事物,主体有不同信息和情绪感受,即使大家对同一事物信息感受相同,由于情感个性不同,也会表现出不同的情绪。情绪信息也常常表现出确定性、随机性、模糊性等特征,根据对不同个性人的情绪处理方式的分析,有冲动型、外向型、内向型、开放型、宜人型等,冲动型的人看到不满意的(甚至还是在模糊状态)时常常表现在外部行为的冲动上,而不顾别人的感受。

参照信息的概念,引入主体的先验情绪、后验情绪、感受情绪的概念。

先验情绪:主体关于事物  $X$  的“先验情绪”是指主体在实际观察该事物之前已经具有的关于该事物的情绪体验,用  $Eo(X;R)$  表示。

后验情绪:主体关于事物  $X$  的“后验情绪”是指主体在实际观察该事物之后所获得的关于该事物的情绪体验,用  $Ea(X;R)$  表示。

感受情绪:主体关于事物  $X$  的“感受情绪”是指主体由于观察了该事物而实际获得的净情绪,用  $\Delta E(X;R)$  表示。感受情绪、先验情绪和后验情绪的关系为:

$$\Delta E(X;R) = Ea(X;R) - Eo(X;R) \quad (7)$$

### 3.2.2 感情的全信息表示

引入感情全信息变量  $A$ ,按照全信息的概念,感情的全信息形式可表示为:

$$\Delta Ae = G'(\Delta A_{syn}, \Delta A_{sem}, \Delta A_{prag}) \quad (8)$$

依据 PAD 三维感情模型,感情的外在表现形式  $\Delta A_{syn}$  由 PAD 三维模型的激活度来表征;其内在含义  $\Delta A_{sem}$  由 PAD 三维模型的愉悦度来表征;感情的效用价值  $\Delta A_{prag}$  由 PAD 三维模型的优势度来表征,即:

$$\begin{aligned} \Delta Ae &= G'(\Delta A_{syn}, \Delta A_{sem}, \Delta A_{prag}) \\ &= G'(\Delta Aa, \Delta Ap, \Delta Ad) \end{aligned} \quad (9)$$

$G'$ 为感情个性运算符。参照知识的概念,引入主体的先验感情、后验感情、感受感情的概念。

先验感情:主体关于事物  $X$  的“先验感情”是指主体在实际观察该事物之前已经具有的关于该事物的感情体验,用  $Ao$

$(X;R)$  表示。

后验感情:主体关于事物  $X$  的“后验感情”是指主体在实际观察该事物之后所获得的关于该事物的感情体验,用  $Aa(X;R)$  表示。

感受感情:主体关于事物  $X$  的“感受感情”是指主体由于观察了该事物而实际获得的净感情,用  $\Delta A(X;R)$  表示。感受感情、先验感情和后验感情的关系为:

$$\Delta A(X;R) = Aa(X;R) - Ao(X;R) \quad (10)$$

在全认知情感理论中,对各种不同情绪和感情的处理能力及其  $F'-G'$ 算子的相互转化是一个情商高低的重要体现。

### 3.3 需要的全信息表示

需要是人类对本能需求、社会需求和价值需求的反映,是人们活动的原始动力,是主体活动积极性的源泉。马斯洛将人的需要分为 7 个层次,按照需求-认知-情感层次模型,将人的需求分为如下 3 个层次:本能需求(包括生理和安全需求)、社会需求(归属与爱、自尊需要、认知需求)、价值需求(包括审美需要及自我实现需要)。

为了建立人类的需求模型,参照了认知和情感的概念;为了描述不同层次需求类别的不同要求,下面对本能需求和社会需求两个层次引入 4 个有关需求方面的重要参数:为满足人们本能需要所表现出的需求信息(或情绪)、为满足社会需要所表现出的期望知识(或感情)。

需求信息:为了实现主体的本能需求,在认知事物过程中希望获得的需求信息用  $In(X;R)$  来表示。需求信息具有全信息特征,即:

$$In(X;R) = F(Insyn, Insem, Inprag) \quad (11)$$

需求情绪:为了实现主体的目标,满足主体的本能需求,在认知过程中对事物所希望获得的情绪信息用  $En(X;R)$  来表示。需求情绪具有全信息特征,即:

$$En(X;R) = F'(Ensyzn, Ensem, Enprag) \quad (12)$$

期望知识:为了实现主体的目标与愿望,满足主体的社会需求,在认知过程中对事物所期望获得的知识(即希望获得事物运动规律性方面信息和知识)用  $Kn(X;R)$  来表示。期望知识具有全信息特征,即:

$$Kn(X;R) = G(Knsyn, Knsem, Knprag) \quad (13)$$

期望感情:为了实现主体的目标与愿望,满足主体的社会需求,在认知过程中对事物所期望获得的感情信息,用  $An(X;R)$  来表示。期望感情具有全信息特征,即:

$$An(X;R) = G'(Ansyzn, Ansem, Anprag) \quad (14)$$

在全认知情感理论中,对各种不同需求和愿望的处理能力,是一个人正确对待当前与长远需求的重要体现。

### 3.4 信息-情绪、知识-感情等效假设

需求、认知与情感的交互机理十分复杂,已引起了人们的关注,也是近期研究的一个热点<sup>[28-30]</sup>。为了简化处理这种复杂性,在研究认知与情感的交互作用时必须考虑信息量(知识量)和情绪量(感情量)之间的关系问题,通常人们有一种常识:某事物相对于主体来讲,信息量(知识量)偏差越大,产生的情绪量(感情量)也就越大,情绪量与信息量偏差成正比,反之亦然。据此提出一个基本的假设:信息-情绪等效,在主体的全信息空间和情绪空间中存在着相互映射,或称为镜像的对称性,这是研究信息与情绪交互机理中的一个基本假设。

同理,知识-感情等效。

本文主要讨论认知-情感交互的两个层次:信息-情绪交互、知识-感情交互机理,下面分别讨论。

## 4 信息-情绪的交互机理

下面首先论述信息的认知机理和情绪的生成机理,然后再对信息-情绪的交互机理进行研究。

### 4.1 信息的认知机理

现代认知科学研究表明<sup>[31]</sup>:人类大脑的认知机制遵循“对比参照-累加更新”法则。认知建构是主体参照已有的信息和知识经验,对比当前接受的刺激,确认判断事物的各项属性特征,如果事物的属性和特征存储在认知系统中,依据已有的经验,对事物进行判断和处理;如果事物的某些属性是原有认知系统所没有的,就会因为这一认知而添加到认知系统中形成“新的认知经验”,在定位事物属性的同时,完成了认知系统的进一步扩充建构,认知空间的建构是一个动态变化的系统,是一个不断吸取、淘汰、更新的系统。

实得信息、先验信息、后验信息具有全信息特征,认知主体获得了实得信息之后,经过某种运算就获得了全信息,即:

$$\Delta Ie = F[\Delta I[X;R]] = F[Ia[X;R] - Io[X;R]] \quad (15)$$

比较式(1)、式(15):

$$\begin{aligned} \Delta I_{syn} &= \Delta I[X;R]_{syn} = Ia[X;R]_{syn} - Io[X;R]_{syn} \\ \Delta I_{sem} &= \Delta I[X;R]_{sem} = Ia[X;R]_{sem} - Io[X;R]_{sem} \\ \Delta I_{prag} &= \Delta I[X;R]_{prag} = Ia[X;R]_{prag} - Io[X;R]_{prag} \end{aligned} \quad (16)$$

引入时间序列  $t_i (i=1,2,\dots,n)$ ,经过  $i$  次认知后,上式变为:

$$\begin{aligned} \Delta I[X, t_i; R]_{syn} &= Ia[X, t_i; R]_{syn} - Io[X, t_i; R]_{syn} \\ \Delta I[X, t_i; R]_{sem} &= Ia[X, t_i; R]_{sem} - Io[X, t_i; R]_{sem} \\ \Delta I[X, t_i; R]_{prag} &= Ia[X, t_i; R]_{prag} - Io[X, t_i; R]_{prag} \end{aligned} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (17)$$

简写为:

$$\begin{aligned} Ia^i_{syn} &= \Delta I^i_{syn} + Io^i_{syn} \\ Ia^i_{sem} &= \Delta I^i_{sem} + Io^i_{sem} \\ Ia^i_{prag} &= \Delta I^i_{prag} + Io^i_{prag} \end{aligned} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (18)$$

其中:

$$\begin{aligned} Io^i_{syn} &= F_{syn}[Io^{i-1}_{syn}, Io^{i-2}_{syn}, \dots, Io^1_{syn}] \\ Io^i_{sem} &= F_{sem}[Io^{i-1}_{sem}, Io^{i-2}_{sem}, \dots, Io^1_{sem}] \\ Io^i_{prag} &= F_{prag}[Io^{i-1}_{prag}, Io^{i-2}_{prag}, \dots, Io^1_{prag}] \end{aligned} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (19)$$

$F_{syn}[Io^{i-1}_{syn}, Io^{i-2}_{syn}, \dots, Io^1_{syn}]$ 表示对先验信息的形式化表征的一种运算,简称形式化计算,主要指人对事物所发出的刺激信号进行的感觉、知觉和表象,如对物体的颜色、形状、大小、声音等方面的感知认知(外在结构和表象分类、识别、转换、比较等); $F_{sem}[Io^{i-1}_{sem}, Io^{i-2}_{sem}, \dots, Io^1_{sem}]$ 表示对先验信息的内容化含义的一种运算,主要指对事物内在的概念或概念系统所进行的判断、推理、分析和归纳等;同理, $F_{prag}[Io^{i-1}_{prag}, Io^{i-2}_{prag}, \dots, Io^1_{prag}]$ 表示对先验信息

的效用化价值的一种运算,是事物或事件的变化与需求之间的关系判断等。

$F_{syn}, F_{sem}, F_{prag}$ 分别为信息的形式化、内容化和效用化运算算子,它们既可以是确定性的运算,也可以是随机、模糊或未确知运算,这决定于信息的类型。

另外需要特别指出的是,式(18)表示全信息的同类计算,即语法信息、语义信息、语用信息的运算,没有交叉计算,因为语法信息和语义信息之间无法进行直接运算,它们具有不同的量纲,以上这种运算就是我们一般的思维方式(或称为线性思维方式)。文献[32]描述了一种全信息的生成方法,它们以语法信息为基础,通过某种转换(或运算)生成语义信息和语用信息。

### 4.2 情绪的生成机理

现代情绪心理学研究表明:人类情绪机制同样遵循“对比参照-累加更新”法则。情绪建构是主体参照已有的情绪经验,对比当前接受的刺激,确认判断认知事物的各项属性特征与人的需求之间的关系,依据已有的情绪体验,对事物及其变化与需求关系进行判断和处理。

实得情绪、先验情绪、后验情绪和期望情绪都具有全信息特征,主体获得了实得情绪之后,经过某种运算就获得了全情绪,即:

$$\Delta Ee = F'[\Delta E[X;R]] = F'[Ea[X;R] - Eo[X;R]] \quad (20)$$

比较式(5)、式(20)得:

$$\begin{aligned} \Delta E_{syn} &= \Delta E[X;R]_{syn} = Ea[X;R]_{syn} - Eo[X;R]_{syn} \\ \Delta E_{sem} &= \Delta E[X;R]_{sem} = Ea[X;R]_{sem} - Eo[X;R]_{sem} \\ \Delta E_{prag} &= \Delta E[X;R]_{prag} = Ea[X;R]_{prag} - Eo[X;R]_{prag} \end{aligned}$$

依据 PAD 三维情绪模型和全信息情绪模型的关系可得:

$$\begin{aligned} \Delta Ea &= \Delta E_{syn} = Ea[X;R]_{syn} - Eo[X;R]_{syn} \\ &= Ea[X;R]_a - Eo[X;R]_a \\ \Delta Ep &= \Delta E_{sem} = Ea[X;R]_{sem} - Eo[X;R]_{sem} \\ &= Ea[X;R]_p - Eo[X;R]_p \\ \Delta Ed &= \Delta E_{prag} = Ea[X;R]_{prag} - Eo[X;R]_{prag} \\ &= Ea[X;R]_d - Eo[X;R]_d \end{aligned} \quad (21)$$

由于场景(或情境)的不同,每一次认知都会留下不同的情绪体验:

$$\begin{aligned} \Delta Ee &= F'[\Delta E[X;R]] = F'[\Delta Ea, \Delta Ep, \Delta Ed] \\ \text{引入时间序列,经过 } i \text{ 次情绪体验后,式(21)变为:} \\ \Delta E[X, t_i; R]_a &= Ea[X, t_i; R]_a - Eo[X, t_i; R]_a \\ \Delta E[X, t_i; R]_p &= Ea[X, t_i; R]_p - Eo[X, t_i; R]_p \\ \Delta E[X, t_i; R]_d &= Ea[X, t_i; R]_d - Eo[X, t_i; R]_d \end{aligned} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (22)$$

简写为:

$$\begin{aligned} \Delta E^i_a &= Ea^i_a - Eo^i_a \\ \Delta E^i_p &= Ea^i_p - Eo^i_p \quad (i=1,2,\dots,n) \\ \Delta E^i_d &= Ea^i_d - Eo^i_d \end{aligned} \quad (23)$$

其中:

$$\begin{aligned} Eo^i_a &= F'a[Eo^{i-1}_a, Eo^{i-2}_a, \dots, Eo^1_a] \\ Eo^i_p &= F'p[Eo^{i-1}_p, Eo^{i-2}_p, \dots, Eo^1_p] \\ Eo^i_d &= F'd[Eo^{i-1}_d, Eo^{i-2}_d, \dots, Eo^1_d] \end{aligned} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (24)$$

$F'a[Eo^{i-1}_a, Eo^{i-2}_a, \dots, Eo^1_a]$ 表示对先验情绪的形式化

表征的一种运算,主要指对情绪的外在表现(即感性情绪,如表情、肢体语言等)进行的控制及修饰等; $F'p[Eo^{i-1}p, Eo^{i-2}p, \dots, Eo^1p]$ 表示对先验情绪的内容化含义(即理性情绪)的一种运算,主要指对情绪的内在感受进行控制等。 $F'd[Eo^{i-1}d, Eo^{i-2}d, \dots, Eo^1d]$ 表示对先验情绪的效用化价值的一种运算。

$F'a, F'p$ 和 $F'd$ 分别为情绪的形式化、内容化和效用化运算算子,它们既可以是确定的,也可以是随机、模糊的。

### 4.3 以理性认知为主的信息-情绪交互机理

为了揭示信息-情绪的交互机理,可以先从一些特定的信息-情绪交互方式中找出具有一般性的规律。如果一个人比较感性,它在信息-情绪交互作用中往往以感性认知为主;如果一个人比较理性,在信息-情绪交互作用中以理性认知为主,下面先讨论后者。

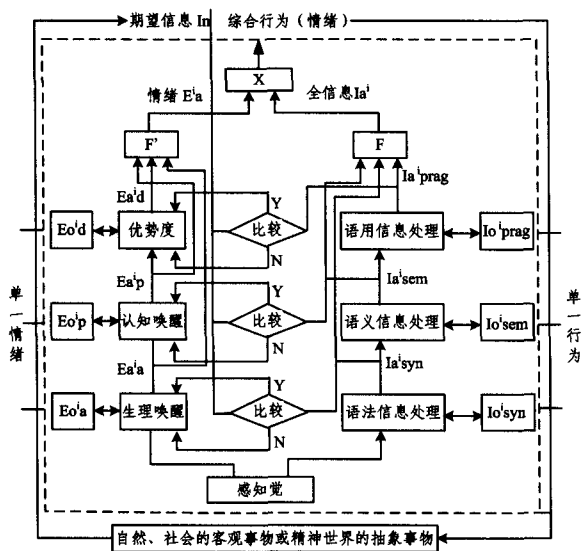


图2 以理性认知为主的信息-情绪交互机理模型

图2是以理性认知为主的信息-情绪交互机理模型。从信息的角度出发构建情绪模型,根据著名的西米诺夫原理<sup>[30]</sup>,情绪与信息的关系为:

$$E = -N(In - Ia) \quad (25)$$

式中, $E$ 为生成的情绪, $N$ 为需求系数,受生理、安全需要的控制,它们直接影响对信息的敏感度。 $In$ 为期望信息,指人在认知过程后所期望获得的信息, $Ia$ 为所得信息。引入全信息概念得:

$$\Delta Ee = -N(F(Insyn - Iasyn, Insem - Iasem, Inprag - Iaprag)) \quad (26)$$

根据式(5)得:

$$F'(\Delta Ea, \Delta Ep, \Delta Ed) = -N(F(Insyn - Iasyn, Insem - Iasem, Inprag - Iaprag)) \quad (27)$$

假设主体的认知个性和情绪个性相似,即存在:

$$F' = F$$

则有:

$$\begin{aligned} \Delta Ea &= -N(Insyn - Iasyn) \\ \Delta Ep &= -N(Insem - Iasem) \\ \Delta Ed &= -N(Inprag - Iaprag) \end{aligned} \quad (28)$$

引入时间序列,经过*i*次情绪体验后有:

$$\begin{aligned} \Delta E^i a &= -N^i(In^i syn - Ia^i syn) \\ \Delta E^i p &= -N^i(In^i sem - Ia^i sem) \end{aligned} \quad (29)$$

$$\Delta E^i d = -N^i(In^i prag - Ia^i prag)$$

$In^i syn, In^i sem$ 和 $In^i prag$ 分别为期望信息第*i*次认知的语法信息量、语义信息量和语用信息量; $Ia^i syn, Ia^i sem$ 和 $Ia^i prag$ 分别为第*i*次后验信息的语法信息量、语义信息量和语用信息量; $\Delta E^i a, \Delta E^i p, \Delta E^i d$ 分别为第*i*次后验情绪的激活度、愉悦度和优势度的增量。

根据式(23)得:

$$\begin{aligned} E^i a &= Eo^i a + \Delta E^i a = Eo^i a - N^i(In^i syn - Ia^i syn) \\ E^i p &= Eo^i p + \Delta E^i p = Eo^i p - N^i(In^i sem - Ia^i sem) \end{aligned} \quad (29)$$

$$E^i d = Eo^i d + \Delta E^i d = Eo^i d - N^i(In^i prag - Ia^i prag)$$

现代情绪心理研究表明,人类的情绪根据其形成的不同原因可分为3类:反映情绪、认知情绪和预期情绪,反映情绪本质上是一种条件反射,这种情绪的产生不依赖于当时的环境状态,而是依赖于对象-情绪的联接;认知情绪是个体对某个其主观上认为重要的事件进行评价而产生的情绪;预期情绪是个体在评估其行为的后果时意识到的将来有可能体验到的情绪,而不是在决策时所体验到的情绪。式(29)全面反映了3类情绪的形成过程中PAD值的动态变化过程。

将式(18)、式(19)代入后得:

$$\begin{aligned} E^i a &= F'a[Eo^{i-1}a, Eo^{i-2}a, \dots, Eo^1a] + N^i F'syn[Io^{i-1}syn, Io^{i-2}syn, \dots, Io^1syn] + N^i \Delta I^i syn - N^i In^i syn \end{aligned} \quad (30)$$

同理得:

$$\begin{aligned} E^i p &= F'p[Eo^{i-1}p, Eo^{i-2}p, \dots, Eo^1p] + N^i F'sem[Io^{i-1}sem, Io^{i-2}sem, \dots, Io^1sem] + N^i \Delta I^i sem - N^i In^i sem \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} E^i d &= F'd[Eo^{i-1}d, Eo^{i-2}d, \dots, Eo^1d] + N^i F'prag[Io^{i-1}prag, Io^{i-2}prag, \dots, Io^1prag] + N^i \Delta I^i prag - N^i In^i prag \end{aligned} \quad (32)$$

式(29)一式(32)称为信息-情绪交互的第一定理,它全面揭示了以理性认知为主的信息-情绪交互中主体获得后验情绪信息与期望信息、增量信息以及所得到事物的先验情绪和信息之间的关系。

后验全情绪为:

$$Ea^i = F'(Ea^i a, Ea^i p, Ea^i d) \quad (33)$$

后验全信息为:

$$Ia^i = F(Ia^i syn, Ia^i sem, Ia^i prag)$$

行为*B*定义为:

$$B = X(Ia^i, Ea^i) \quad (34)$$

$X$ 为个体行为个性特征。

由此可见,在假设主体的认知个性和情绪个性相似的情况下,式(27)一式(34)揭示了以理性认知为主的信息-情绪交互的内在机理,它是理论研究的一个重要成果。

由式(28)可得一个重要推论:如果能测量出主体观察事物所表现的情绪信息和全信息,就能够计算出主体的期望信息  $In$ ,即:

$$\begin{aligned} In^i syn &= Ia^i syn - \Delta Ea^i a / N^i \\ In^i sem &= Ia^i sem - \Delta Ea^i p / N^i \end{aligned} \quad (35)$$

$$In^i prag = Ia^i prag - \Delta Ea^i d / N^i$$

同理,如果已知情绪信息和期望信息,就能够计算出主体的后验全信息:

$$Ia^i syn = In^i syn + \Delta Ea^i a / N^i$$



形成规范性知识;同理, $Gprag[Ko^{i-1} prag, Ko^{i-2} prag, \dots, Ko^1 prag]$ 表示对先验知识的效用化价值的一种运算(如效用计算等),即形成常识性知识。

$Gsyn, Gsem, Gprag$  分别为知识的形式化运算算子、内容化运算算子和效用化运算算子。

关于语法知识、语义知识和语用知识的度量可参阅文献[25],式(44)、式(45)称为全知识的同类计算,即语法知识、语义知识、语用知识只能单独计算和比较,没有交叉计算,因为语法知识、语义知识和语用知识之间无法进行比较运算,它们具有不同的量化标准。

另外需要特别指出的是:知识是对信息的一种运算和提炼,是有规律的信息集合,有知识的人完全可以从感知的信息中直接提取知识,提取方式将另文讨论。

## 5.2 感情的生成机理

现代心理学研究表明:人类感情的生成依赖于对事物深度的认知,当人们逐步建立起有关事物的知识体系后,感情也会逐步产生,知识与感情具有镜像对称性。主体获得了实得感情之后,经过某种运算就获得了全感情,即:

$$\Delta Ae = G'[\Delta A[X;R]] = G'[Aa[X;R] - Ao[X;R]] \quad (46)$$

比较式(9)、式(46)得:

$$\begin{aligned} \Delta A_{syn} &= \Delta A[X;R]_{syn} = Aa[X;R]_{syn} - Ao[X;R]_{syn} \\ \Delta A_{sem} &= \Delta A[X;R]_{sem} = Aa[X;R]_{sem} - Ao[X;R]_{sem} \\ \Delta A_{prag} &= \Delta A[X;R]_{prag} = Aa[X;R]_{prag} - Ao[X;R]_{prag} \end{aligned}$$

依据 PAD 三维情感模型和感情模型的关系可得:

$$\begin{aligned} \Delta Aa &= \Delta A_{syn} = Aa[X;R]_{syn} - Ao[X;R]_{syn} \\ &= Aa[X;R]_a - Ao[X;R]_a \\ \Delta Ap &= \Delta A_{sem} = Aa[X;R]_{sem} - Ao[X;R]_{sem} \\ &= Aa[X;R]_p - Ao[X;R]_p \\ \Delta Ad &= \Delta A_{prag} = Aa[X;R]_{prag} - Ao[X;R]_{prag} \\ &= Aa[X;R]_d - Ao[X;R]_d \end{aligned} \quad (47)$$

由于场景(或情境)的不同,每一次认知都会留下不同的感情体验:

$$\Delta Ae = G'[\Delta A[X;R]] = G'[\Delta Aa, \Delta Ap, \Delta Ad]$$

引入时间序列,经过  $i$  次情感体验后,式(47)变为:

$$\begin{aligned} \Delta A^i a &= Aa^i a - Ao^i a \\ \Delta A^i p &= Aa^i p - Ao^i p \\ \Delta A^i d &= Aa^i d - Ao^i d \end{aligned} \quad (48)$$

( $i=1,2,\dots,n$ )

简写为:

$$\begin{aligned} \Delta A^i a &= Aa^i a - Ao^i a \\ \Delta A^i p &= Aa^i p - Ao^i p \quad (i=1,2,\dots,n) \\ \Delta A^i d &= Aa^i d - Ao^i d \end{aligned} \quad (49)$$

其中:

$$\begin{aligned} Ao^i a &= G^i a[Ao^{i-1} a, Ao^{i-2} a, \dots, Ao^1 a] \\ Ao^i p &= G^i p[Ao^{i-1} p, Ao^{i-2} p, \dots, Ao^1 p] \\ Ao^i d &= G^i d[Ao^{i-1} d, Ao^{i-2} d, \dots, Ao^1 d] \end{aligned} \quad (50)$$

$G^i a[Ao^{i-1} a, Ao^{i-2} a, \dots, Ao^1 a]$ 表示对先验感情激活度的一种运算,主要指对情感的外在表现(即感情绪,如表情、肢体语言等)进行的控制及修饰等; $G^i p[Ao^{i-1} p, Ao^{i-2} p, \dots, Ao^1 p]$ 表示对先验感情的愉悦度(即理性感情)的一种运算,主要

指对情感的内在感受进行控制等。 $G^i d[Ao^{i-1} d, Ao^{i-2} d, \dots, Ao^1 d]$ 表示对先验感情优势度的一种运算。

## 5.3 以理性认知为主的知识-感情交互机理

图4是以以理性认知为主的知识-感情交互机理模型。

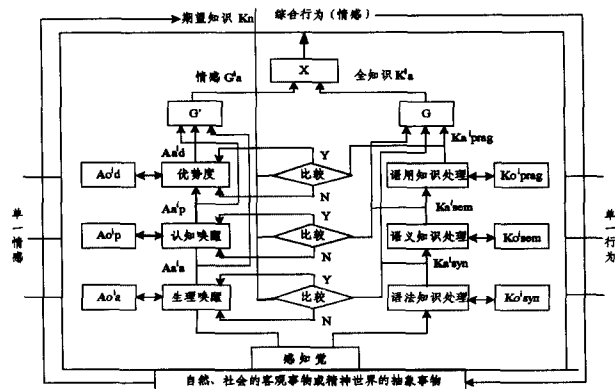


图4 以理性认知为主的知识-感情交互机理模型

从知识的角度出发构建感情模型,感情与知识的关系为:

$$A = -Q(Kn - Ka) \quad (51)$$

式中, $A$ 为生成的感情, $Q$ 为预期需求系数,与人的精神方面的需求(如情感和归属的需求、尊重的需求、求知需要等)有关,它们直接影响对知识的敏感度; $Kn$ 为期望知识,指人在认知过程后所期望获得的知识, $Ka$ 为所得知识。式(51)表明,当所获得的知识大于或等于所期望的知识时,就会产生良好的正面感情;当所获得的知识小于所期望的知识时,就会产生不良的负面感情。

引入时间序列,经过  $i$  次感情体验后,则有:

$$\begin{aligned} \Delta A^i a &= -Q^i (Kn^i_{syn} - Ka^i_{syn}) \\ \Delta A^i p &= -Q^i (Kn^i_{sem} - Ka^i_{sem}) \\ \Delta A^i d &= -Q^i (Kn^i_{prag} - Ka^i_{prag}) \end{aligned} \quad (52)$$

$Kn^i_{syn}$ 、 $Kn^i_{sem}$ 和 $Kn^i_{prag}$ 分别为期望知识第  $i$  次认知的语法知识量、语义知识量和语用知识量; $Ka^i_{syn}$ 、 $Ka^i_{sem}$ 和 $Ka^i_{prag}$ 分别为第  $i$  次后验知识的语法知识量、语义知识量和语用知识量; $\Delta A^i a$ 、 $\Delta A^i p$ 、 $\Delta A^i d$ 分别为第  $i$  次后验感情的激活度、愉悦度和优势度的增量。

根据式(49)得:

$$\begin{aligned} Aa^i a &= Ao^i a + \Delta A^i a = Ao^i a - Q^i (Kn^i_{syn} - Ka^i_{syn}) \\ Aa^i p &= Ao^i p + \Delta A^i p = Ao^i p - Q^i (Kn^i_{sem} - Ka^i_{sem}) \\ Aa^i d &= Ao^i d + \Delta A^i d = Ao^i d - Q^i (Kn^i_{prag} - Ka^i_{prag}) \end{aligned} \quad (53)$$

将式(47)、式(50)代入后得:

$$\begin{aligned} Aa^i a &= G^i a[Ao^{i-1} a, Ao^{i-2} a, \dots, Ao^1 a] + Q^i Gsyn[Ko^{i-1} \\ &syn, Ko^{i-2} syn, \dots, Ko^1 syn] + Q^i \Delta K^i_{syn} - Q^i \\ &Kn^i_{syn} \end{aligned} \quad (54)$$

同理得:

$$\begin{aligned} Aa^i p &= G^i p[Ao^{i-1} p, Ao^{i-2} p, \dots, Ao^1 p] + Q^i Gsem[Ko^{i-1} \\ &sem, Ko^{i-2} sem, \dots, Ko^1 sem] + Q^i \Delta K^i_{sem} - Q^i \\ &Kn^i_{sem} \end{aligned} \quad (55)$$

$$\begin{aligned} Aa^i d &= G^i d[Ao^{i-1} d, Ao^{i-2} d, \dots, Ao^1 d] + Q^i Gprag[Ko^{i-1} \\ &prag, Ko^{i-2} prag, \dots, Ko^1 prag] + Q^i \Delta K^i_{prag} - \\ &Q^i Kn^i_{prag} \end{aligned} \quad (56)$$

式(53)一式(56)称为知识-感情交互的第三定理,它全面揭示了以理性认知为主的知识-感情交互中主体获得后验感

情与期望知识、增量知识以及所得到事物的先验感情和知识之间的关系。

后验全感情为：  
 $Aa^i = G'(Aa^i a, Aa^i p, Aa^i d)$  (57)

后验全知识为：  
 $Ka^i = G(Ka^i syn, Ka^i sem, Ka^i prag)$  (58)

行为 B 定义为：  
 $B = X(Ka^i, Aa^i)$  (59)  
 X 为个体的行为个性特征。

由式(52)可得一个重要推论：如果能测量出主体观察事物所表现的感情和全知识，就能够计算出主体的期望知识  $Kn$ ，即：

$$\begin{aligned} Kn^i syn &= Ka^i syn - \Delta Aa^i a / Q^i \\ Kn^i sem &= Ka^i sem - \Delta Aa^i p / Q^i \\ Kn^i prag &= Ka^i prag - \Delta Aa^i d / Q^i \end{aligned} \quad (60)$$

同理，如果已知感情知识和期望知识，就能够计算出主体的后验全知识：

$$\begin{aligned} Ka^i syn &= Kn^i syn + \Delta Aa^i a / Q^i \\ Ka^i sem &= Kn^i sem + \Delta Aa^i p / Q^i \\ Ka^i prag &= Kn^i prag + \Delta Aa^i d / Q^i \end{aligned} \quad (61)$$

式(52)、式(60)、式(61)在心理认知状态理解和调控中有着重要的作用。

从式(52)可以看出：  
 当  $Ka^i syn > Kn^i syn$  时， $\Delta Aa^i a > 0$ ；  
 当  $Ka^i sem > Kn^i sem$  时， $\Delta Aa^i p > 0$ ；  
 当  $Ka^i prag > Kn^i prag$  时， $\Delta Aa^i d > 0$ 。

式(59)可作为研究兴趣形成机理的重要依据。

#### 5.4 以感性认知为主的知识-感情交互机理

图 5 是以感性认知为主的知识-感情交互机理模型。此模型主要满足认知主体的感情需求。

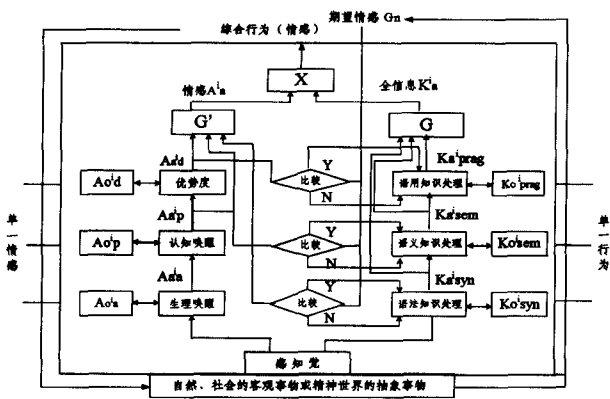


图 5 以感性认知为主的知识-感情交互机理模型

根据知识-感情等效假设得：  
 $K = -Q'(An - Aa)$  (63)

式中， $An$  为期望感情量， $Q'$  为感情需求系数，受感情需要的控制，它们直接影响对感情的敏感度。 $Q'$  随着感情需要的变化而变化； $Aa$  为后验感情量， $K$  为感情驱动所产生的知识量。引入时间序列，经过  $i$  次感情体验后得：

$$\begin{aligned} \Delta Ka^i syn &= -Q'^i (An^i a - Aa^i a) \\ \Delta Ka^i sem &= -Q'^i (An^i p - Aa^i p) \\ \Delta Ka^i prag &= -Q'^i (An^i d - Aa^i d) \end{aligned} \quad (64)$$

$\Delta Ka^i syn$ 、 $\Delta Ka^i sem$  和  $\Delta Ka^i prag$  分别为第  $i$  次认知事物

的后验知识的语法知识量、语义知识量和语用知识量的增量； $Aa^i a$ 、 $Aa^i p$  和  $Aa^i d$  分别为第  $i$  次后验感情的激活度、愉悦度和优势度； $An^i a$ 、 $An^i p$ 、 $An^i d$  分别为第  $i$  次期望感情的激活度、愉悦度和优势度。

根据式(44)可得：  
 $Ka^i syn = \Delta Ka^i syn + Ko^i syn = Ko^i syn - Q'^i (An^i a - Aa^i a)$   
 $Ka^i sem = \Delta Ka^i sem + Ko^i sem = Ko^i sem - Q'^i (An^i p - Aa^i p)$   
 $Ka^i prag = \Delta Ka^i prag + Ko^i prag = Ko^i prag - Q'^i (An^i d - Aa^i d)$   
 $(i=1, 2, \dots, n)$  (65)

上式称为知识-感情交互的第四定理，它全面揭示了以感性认知为主的知识-感情交互中主体获得认知事物的后验知识的增量与事物所得到的后验感情量与期望感情量之间的关系。同理：

$$\begin{aligned} Aa^i a > An^i a \text{ 时, } Ka^i syn > 0; \\ Aa^i p > An^i p \text{ 时, } Ka^i sem > 0; \\ Aa^i d > An^i d \text{ 时, } Ka^i prag > 0. \end{aligned} \quad (66)$$

#### 6 信息-情绪交互模型的应用

文献[27]提供 14 个基本情绪范畴的 PAD 值，如表 1 所列。依据全信息情感理论中的有关定理就可以计算出相应的 PAD 值及其对应的 14 种基本情绪。研究表明：PAD 值与人的相关生理参数存在映射关系<sup>[33]</sup>，通过测试相关生理参数就可以推断所处的情绪状态。

表 1 14 个基本情绪范畴的 PAD 值

情绪词	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

下面讨论需求影响下的信息与情绪的交互作用，由式(25)可见，情绪量的大小与需求系数  $N$  成正比，即需求系数的大小决定着情绪的强度；需求信息、后验信息各分量的大小决定着情绪的性质，当  $In - Ia < 0$  时， $E > 0$ ，产生正向情绪，当  $In - Ia > 0$  时， $E < 0$ ，产生负向情绪，具体产生何种情绪决定于式(29) PAD 值的计算与表 1 的映射关系。一般来说，不同环境(地点、时间)下上下文场景的需求信息  $In$ 、后验信息  $Ia$  和需求系数  $N$  都在动态变化中，形成了人类复杂多变的情绪。

图 6 是几种常见的需求曲线。需求曲线 1 表示需求系数为常量，即需求的强度与时间无关，表示主体对事物有比较稳定的需求；曲线 2 表示需求系数  $N$  随时间线性增加，表示主体对事物的需求随时间而持续增长；曲线 3 表示需求系数  $N$

随时间线性衰减,表示主体对事物的需求随时间而持续下降;曲线4表示突峰式需求,需求系数在某个时间点快速增加,需求满足后需求系数又快速下降,回到起始位置,如人的很多生理需求就近似这种曲线。除此之外,还有碗式曲线和锯齿状曲线等多种组合需求曲线。

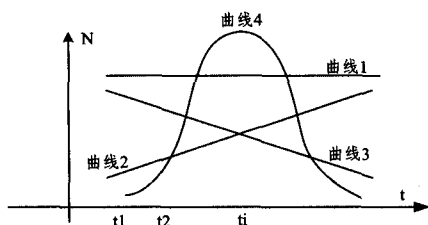


图6 几种常见的需求曲线

下面以平静状态下的某人,从惊奇到喜悦的情绪变化来说明全认知情感理论的应用。惊奇是个体对新异和未知事物及其变化表现出没有想到并存在想知的倾向,当主体对某事物(或某事件、活动)产生惊奇的情绪表现时,由表1可知其相应的PAD值分别为: $E_{pad1}=(1.72, 1.71, 0.22)$ ;喜悦是指事物及其变化满足主体的客观(或主观)需求所表现出的心理状态,如成功的喜悦等,心情非常愉快和高兴,表1中对应的PAD值为: $E_{pad2}=(2.77, 1.21, 1.42)$ ,比较两PAD值可知其增量为:

$$\Delta E^i p = 2.77 - 1.72 = 1.05; \Delta E^i a = 1.21 - 1.71 = -0.5; \Delta E^i d = 1.42 - 0.22 = 1.20.$$

图7表示情绪从惊奇到喜悦PAD值的变化曲线。依据式(29)分为3种情况来讨论PAD值变化:1)后验形式信息与期望形式信息决定着生理唤醒的激活度水平,开始时从平静到惊奇有一个较大的生理唤醒(0-1.71),而后从惊奇到喜悦时生理唤醒的强度适当降低(1.71-1.21);2)后验内容信息与期望内容信息决定着认知唤醒的愉悦度水平,从平静到惊奇有一个较大的认知唤醒(0-1.72),而后从惊奇到喜悦时认知唤醒的强度还要继续大幅度增加(1.72-2.77),这样才能为喜悦的产生创造认知唤醒条件;3)后验效用信息与期望效用信息决定着优势度水平,从平静到惊奇有一个较小的优势度变化(0-0.22),而后从惊奇到喜悦时优势度迅速增加(0.22-1.42),喜悦的情绪立刻产生。以上三者可能由一种信息触发而引起连锁反映,如从形式到内容,又转为效用,或直接从形式转为效用。

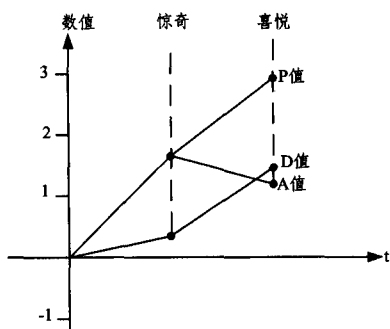


图7 情绪从惊奇到喜悦PAD值变化曲线

下面举个惊喜的例子,你购买彩票获得大奖时的情绪为:意外没有想到,又惊又喜。表现为当你看到自己获得大奖的一瞬间,生理和认知唤醒被触发,这时的优势度变化较小,你可能还认为这件事不大可能吧,还需继续确认一下,当确认无

疑后,你的认知唤醒和优势度将会大大提高,因为有了这笔收入就可以极大地改善你的生活,你怎会不高兴得跳起来呢?

此外,当需求系数  $N$  较大时,即使有一些风吹草动(如  $I_a < I_n$  时),也常会出现较大的情绪波动。举个例子讲,当父母对孩子的期望值很高时,如果父母看到孩子的某些行为信息与预期要求不一致,可能会激活父母的负面情绪,与孩子发生矛盾。由全信息情感理论来解释此情绪产生的过程:当家长看到孩子的某些行为的形式信息与期望信息不相符时,依据式(29)产生生理激活(反应式情绪),引发语言,这时会进行分析、说服教育,产生愉悦度方向上的变化(认知情绪),如果两人观点一致,则形成共识,如果两人观点不一致,就会发生争论,谁能说服谁谁就占上风,说服不了,就会产生矛盾,就会发生抵触情绪,预期情绪就会受到影响。

实际上,需求系数  $N$ 、 $I_n$  和  $I_a$  都处于动态变化中,当需求系数  $N$  和  $I_n - I_a$  都是常量时,  $E$  保持一个稳定的情绪状态;当然还存在如下两种情况:一种情况是需求系数在下降而  $I_n - I_a$  偏差在增加,另一种情况则相反,  $E$  也能保持相对稳定的状态;但如果下降和上升的速度不一致时,情绪就将向着变化速度快的一方倾斜。

**结束语** 通过研究发现:人类心智活动的核心机理就是需求影响下的认知-情感的交互作用,人类可以在不同粒度或角度上形成对事物的不同认知和情绪、情感反映。全认知情感理论以全信息理论的相关定义、度量标准为基础,依据心理学和认知科学的相关研究成果,区分不同类型情感和认知之间的相互作用,建立了需求引领下的多层认知-情感交互模型;在信息-情绪和知识-情感两个层次,对信息(知识)、情绪(情感)和需求进行了数学描述,引入各种运算算子,强调了反应式情绪和认知行为之间相互作用,得出了相应的交互定理。全认知情感理论为分析人类的心智活动提供了一个新的架构和视角。但心智活动是一个复杂系统,具有层次性、自组织性、自相似性、混沌性和非线性等复杂系统的性质,同时个人成长环境、个性的不同,都会对人们的决策和行为产生重要影响,心智活动还具有随机、模糊、未确知等不确定性。本文提出的框架体系仅仅是初步的,还很不完善,需要数学、心理学、信息科学和智能科学多领域专家的密切合作。

人类的需求-认知-情感既可以在同层之间也可以在不同层次通过不同驱动相互转换,宏观模型为多层次需求-认知-情感结构,中观模型为信息-情绪、知识-情感模型,微观模型为神经网络,它们之间存在着明显的自相似性,在自组织、非线性和混沌作用下,形成了各种心智活动,为描述人类复杂而多变的认知和情感提供了想象空间。人类的需求、愿望和梦想(信念)引领着认知和情感活动,全认知情感理论将在人际交往、人机交互(Human Computer Interaction)、心理理论(Theory of Mind)、心理状态理解(Mind-Reading)、认知计算<sup>[34]</sup>和情感计算等多个智能科学和心理学科中有着广泛的应用。

## 参考文献

- [1] 钟义信. 信息科学原理(第三版)[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2002
- [2] 李德毅,杜鹤. 不确定性人工智能[M]. 北京:国防工业出版社,2005

(下转第61页)

基础上又引入了实际事件发生时可能伴随的随机性,并以概率的形式来表示这种随机性,使得仿真的结果更加准确。下一步,将结合随机 Petri 网的仿真结果,对 RoQ 攻击和防御的效果进行实际验证,并通过实际验证的结果对 Petri 网模型的仿真参数进行优化,使其结果更具有准确性和通用性。

## 参考文献

- [1] 鲜明,包卫东,等.网络攻击效果评估导论[M].长沙:国防科技大学出版社,2007
- [2] 何炎翔,刘陶.降质服务攻击及其防范方法[M].北京:机械工业出版社,2011
- [3] Shevtekar A, Ansari N. Do Low Rate DoS Attacks Affect QoS Sensitive VoIP Traffic [C]//Proceedings of IEEE International Conference on Communications. 2006; 2153-2158
- [4] Luo Xia-pu, Chang R. On a New Class of Pulsing Denial-of-Service Attacks and the Defense [C]//Network and Distributed System Security Symposium. 2005; 926-937
- [5] Yu Chen, Kai Hwang. Collaborative detection and filtering of shrew DDos attacks using spectral analysis [J]. Journal of Par-

allel and Distributed Computing-Special issue: Security in grid and distributed systems, 2006, 66(9): 1137-1151

(上接第 24 页)

- [3] Kahneman D. Thinking, Fast and Slow (Simplified Chinese translation edition)[M]. China CITIC Press, 2012
- [4] 杜向阳. 心灵控制术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013
- [5] Pessoa. On the relationship between cognition and emotion[J]. Nature Reviews. Neuroscience, 2008, 9(2): 148-158
- [6] LeDoux J. The Emotional Brain; the Mysterious Underpinnings of Emotinal Life[M]. New York, USA; Simon & Schuter, 1996
- [7] Ralph A. Recognizing Emotion from Facial Expressions; Psychological and Neurological Mechanisms[J]. Behavioral and Cognitive Neuro-science Reviews, 2002, 1(1): 21-62
- [8] Purves D, Augustine G J, Fitzpartrick D. Emotions(2nd Edition) [M]. Sunderland, USA; Sinauer Associates, 2001; 2030-2076
- [9] Emotion N S. Congition and Decision Making[J]. Congition and Emotion, 2000, 14(4): 433-440
- [10] Liu Y, Fu Q F, Fu X L. The interaction between cognition emotion[J]. Chinese Science Bulletin, 2009, (22)
- [11] 浦江. 人工情感与全信息情感学[C]//全国计算机新技术与计算机教育论文集. 成都: 西南交通大学出版社, 2007(8): 338-341
- [12] Pu Jiang. Research and Application of the Emotion-Intelligence Model Based on Comprehensive Information Theory[C]//The 2010 International Conference on Information Electronic and Computer Science. SRP press, 2010(11): 1779-1783
- [13] Pu Jiang. The Construction and Application Research of Emotional Theory based on the Comprehensive Information[C]//Shanghai 2010 ICCCI. V4, 2010(12): 303-307
- [14] Pu Jiang. The Research of Emotional Space and its Migration Mechanisms on the Comprehensive Information Emotional Theory[C]//Wuhan 2010 ISISE. 2010(12): 287-290
- [15] 浦江. 基于全信息理论的认知模型研究[J]. 徐州工程学院学报: 自然科学报, 2012, 27(4): 49-54
- [16] Pu Jiang. Comprehensive Information Emotional Theory—an assumption of cognitive-emotional interaction mechanism [C] // 2012 2<sup>nd</sup> IEEE International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems. Hangzhou China, October 2012(11): 1852-1858

- [6] Sun H, Lui J C S, Yau D K Y. Defense against low-rate TCP attacks: dynamic detection and protection[C]//Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Network Protocols. 2004; 196-205
- [7] He Yan-xiang, Cao Qiang, Liu Tao, et al. A Low-Rate DoS Detection Method Based on Feature Extraction Using Wavelet Transform [J]. Journal of Software, 2009, 20(4): 930-941
- [8] He Yan-xiang, Zhong Hai, Liu Tao, et al. Support Vector Machine Based Integrated Detection Method for RoQ Attacks [C]//The 3rd VARA. Huangshan, 2010; 167-178
- [9] Zhang Jing, Liu Bo, Hu Hua-ping, et al. Simulation and Analysis of Quiet DDOS Attacks [J]. Instrumentation, Measurement, Circuits and Systems Advances in Intelligent and Soft Computing, 2012, 127: 71-81
- [10] Tang Ya-juan. Countermeasures on Application Level Low-Rate Denial-of-Service Attack [J]. Information and Communications Security Lecture Notes in Computer Science, 2012, 7618: 70-80

- [17] Pu Jiang. Research of Knowledge-emotion interaction mechanism based on Comprehensive Cognition Emotional Theory[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 303-306(12): 1435-1443
- [18] 浦江. 全信息情感理论——一种认知情感交互机理的假说[J]. 智能系统学报, 2013, 8(2): 105-112
- [19] Mellers B A, Schwart A, Ritov I. Emotion-based choice [J]. Journal of Experimental Psychology, 1999, 128(3): 332-345
- [20] Zajonc R B. Feeling and thinking: Preferences need no inference [J]. American Psychologist, 1980, 35(2): 151-175
- [21] 刘开第, 吴和琴, 庞彦军, 等. 不确定性信息数学处理及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [22] 钟义信. 知识论: 核心问题——信息 知识 智能的统一理论[J]. 电子学报, 2001(4): 526-530
- [23] 钟义信. 机制主义: 人工智能的统一理论[J]. 电子学报, 2006(2): 317-321
- [24] 钟义信. 高等智能·机制主义·信息转换[J]. 北京邮电大学学报, 2010(1): 1-6
- [25] 钟义信. “信息-知识论-智能”生态意义下的知识内涵与度量 [J]. 计算机科学与探索, 2007, 1(2): 129-137
- [26] 亚伯拉罕·马斯洛(美). 动机与人格(第三版)[M]. 许金声, 等译. 北京: 中国人民大学出版社, 2007
- [27] 刘焯, 陶霖密, 傅小兰. 基于情绪图片的 PAD 情感状态模型分析 [J]. 中国图象图形学报, 2009(5): 753-758
- [28] 王志良. 人工心理与人工情感[J]. 智能系统学报, 2006(3): 38-43
- [29] 王志良, 等. 人工情感[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009
- [30] 王志良, 等. 人工心理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007
- [31] 周松. 五维人格论——心理实验及发现的哲学思辨[M]. 九州出版社, 2010
- [32] 钟义信. “理解”论: 信息内容认知机理的假说[J]. 北京邮电大学学报, 2008, 31(3): 1-8
- [33] 温万慧, 邱玉辉, 刘光远, 等. 情感生理反应样本库的建立与数据相关性分析[J]. 中国科学: 信息科学, 2011, 41(1): 77-89
- [34] 王志良, 郑思仪, 等. 心理认知计算的研究现状及其发展趋势 [J]. 模式识别与人工智能, 2011, 24(2): 215-225