

基于注意度评价的人工意识模型

祝长生^{1,2} 王志良¹

(北京科技大学信息工程学院 北京 100083)¹ (山东科技大学 泰安 271019)²

摘 要 情感机器人的研究已经成为普遍关注的焦点。但是,建立一个普适的情感模型,使机器人具有情感逻辑系统,并能真正进行情感思维,还面临着许多理论和技术上的困难。基于现有的情感模型,对意识心理学理论进行了深入的研究,并根据 Maslow 的需求层次理论,构建了一个具有外在刺激的、基于注意度评价的人工意识模型。实验表明,该模型为机器人情感模型的建立提供了一种新的研究方法。

关键词 注意度,机器人,模糊综合评价,人工意识

中图法分类号 TP183 **文献标识码** A

Evaluation of Attention-based Model of Artificial Consciousness

ZHU Chang-sheng^{1,2} WANG Zhi-liang¹

(School of Information Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)¹

(Shandong University of Science and Technology, Tai'an 271019, China)²

Abstract Emotional robot has become the focus of study. However, it still faces many difficulties to establish a universal affective model and equip the robot with emotional logic system so that it can have real affective thinking. Based on the current emotional models, psychological theory of consciousness was studied deeply, and based on the Maslow's Hierarchy of Needs theory, this paper built an artificial consciousness model which is sensitive to stimulus of outside and based on attentivity evaluation. Experiments have shown that this model provides a new way of study for the establishment of robot emotional model.

Keywords Attensity, Robot, Fuzzy comprehensive Evaluation, Artificial consciousness

随着智能科学和机器人学的不断发展,人类越来越期望机器人能够拥有情感识别、情感理解和情感表达能力,能够与人类进行自然和谐的情感交互。目前,情感机器人的研究已经成为人们普遍关注的焦点。各国科学工作者分别提出了情感计算(Affective Computing)、感性工学(Kansei Engineering)、人工心理(Artificial Psychology)和人工情感(Artificial Emotion)等理论,为情感机器人的研究与发展奠定了基础。研究者通过结合计算机科学与心理学、认知科学,探究人与人交互过程中的情感特点,尝试模拟人类情感,建立机器可实现的情感模型。然而,由于人类智能本身的复杂性,要建立一个普适的情感模型,使机器人具有情感逻辑系统,能真正地进行情感思维,还面临着许多理论和技术上的困难。

研究发现,智能系统的基础和核心在于“意识”。因此,本文在现有情感模型的基础上,对意识心理学理论进行了深入的研究,并根据 Maslow 的需求层次理论,构建了一个具有外在刺激的、基于注意度评价的人工意识模型,试图模拟人类信息处理及决策的过程。实验表明,该模型在一定程度上模拟人类记忆系统的形成过程,为机器人情感模型的建立和情感决策支持系统提供了一种新的研究方法。

1 情感、意识与意识的生成

1.1 情感与意识的关系

情感是因主体需要得到和得不到满足后引发的,具体是因体内、外环境信息刺激中枢神经后的结果,是由此所诱发的一种心理与生理的综合反应。而意识是指个人运用感觉、知觉、思考和记忆等心理活动,对自己的身心状态(内在)与环境中的事、物变化(外在)的综合觉察与认识。

由此我们可以发现,人类的情感与主体的需要密切相关。情感是因主体的需要满足与不满足而引发,也因主体需要满足与不满足而终止,情感和意识作为一种内在的心理驱动力,是同时产生又同时终结的。

1.2 意识的生成机制

观察表明,当一个有意识能力的系统在接收到某个具体的外部刺激时,通常会产生两方面的效应:一方面会观察到刺激的外部形象,并通过自己的记忆系统把观察结果保存下来;另一方面会感受到刺激对自身需求的影响,并把刺激所产生的后果与自身的需求相比较,以判断这种影响是利还是有害。系统在最初的时候是不可能自主判断这种利害的,往往

要等到这种利害实际发生之后才能体验到。这种切身体验可以作为今后经验性的判断力。

据此,钟义信教授做了如下设想:意识系统首先对外部刺激进行一些必要的预处理,然后对它们进行综合分析,具体包括信息检测、模式识别与分类、编码和记忆、理解和判断。此后,如果系统再接收到这种刺激,系统就会立即唤起相应的理解,做出判断。显然,只要系统真正拥有了关于某个刺激的全部信息,就可以说系统对这个刺激形成了基本意识。系统拥有关于某个刺激的信息越丰富,对这个刺激的意识能力就越强。系统对越多的刺激拥有全部信息,系统的意识能力范围就越广。

由以上分析,我们发现意识形成的基本环节和常规信息系统非常相近,例如检测、识别、编码和存储。因此,本文采用信息科学的方法研究基于意识的情感模型的具体实现。

2 意识阈值

人脑是一个并行分布的信息处理机构,外部环境通过人的感觉、视觉、听觉等外部器官将多种信息传入大脑,在意识的作用下,按照一定的规则对信息进行分类、综合,并通过抽象形成概念,进而在脑内形成有效的信息存贮结构。

唐孝伟院士在脑的4个功能系统学说中指出,脑内存在4个相对独立而又紧密联系的联合区,认为意识是脑的4个联合区协同作用的结果,并在此基础上提出了脑区能态理论。对于特定的脑区,当这个脑区处于高激发态,而且其激发能量(记为 x)超过一定阈值(即意识阈值,记为 T)时,则引起人类的注意,使有关信息的处理进入意识,即有意识加工。反之,则无法引起注意,即为无意识加工。而激发能量的产生是内部状态的积累和外部刺激共同作用的结果。式(1)给出了意识阈值状态模型,式中 $f(x)$ 即为意识函数, x 为激发能量。

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (1)$$

图1为此模型的仿真图。

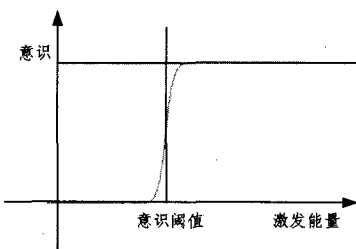


图1 意识阈值仿真

3 基于模糊综合评价的注意度评价

在人脑的认知过程中,脑内信息的加工分为受控加工模式和自动加工模式。其中受控加工模式是受控制的、有注意参与的加工模式,即有意识加工;自动加工模式是不受控制的、不需要注意参与的加工模式,即无意识加工。那么,什么样的外在刺激会引起人类的注意?引起注意的程度又该如何评价呢?

3.1 注意与马斯洛需求理论

注意是意识对事物和活动的指向和集中,它出现在人类的各种认识活动和行为中,是产生意识事件的选择性行为。人类对外部刺激的注意程度是受外部刺激特点、个人内部心

理状态和外部刺激对自身需求的满足程度来决定的。根据马斯洛的需求层次理论,人类自身的需求构成了一个层次体系,如图2所示,任何一种需求的出现都是以较低层次需求的满足为前提的。我们知道,人类最迫切需求的也最能引起人们的注意。因此,可以根据马斯洛的需求层次理论来评价人类的注意程度。

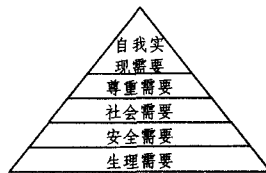


图2 马斯洛需求层次模型

由于描述外部刺激和个人自身需要的评价指标都具有高度的模糊性和主观性,本文应用模糊数学理论来描述各评价指标,依据模糊综合评价方法进行评价,使评价结果尽可能符合客观实际。

3.2 模糊综合评价理论

模糊综合评价就是应用模糊变换原理和最大隶属度原则,考虑与被评价事物相关的各个因素,并对其做出的综合评价。具体过程是:首先设定由多种因素组成的模糊集合(称为评价因素集 T);再设定这些因素所能选取的评价等级,组成评语的模糊集合(称为评价指标集 P),分别求出各单一因素对各个评审级的归属程度(评价模糊矩阵 R),然后根据各个因素在评价目标中的权重分配,通过计算(模糊矩阵合成)而求出评价的定量解。

3.3 注意度评价模型

下面具体分析注意度评价模型中的评价对象、评价因素、评价目标及三者之间的关系。

(1) 评价对象

模型中的评价对象即外部刺激,根据Ortony对OCC情绪导出模型的描述,把外部刺激分为事件的结果(Event, E)、行为(Action, A)和对象(Object, O)3种类型。

(2) 评价因素

结合人类的实际情况,根据马斯洛需求层次理论,把模型中的评价因素分为5个评价维度:生理需求(Physiological Needs, PN)、安全需求(Safety Needs, SN)、社交需求(Social Needs, SON)、尊重需求(Esteem needs, EN)、自我实现需求(Self-Actualization Needs, SAN)。每一个评价维度又可以细分为子因素,例如生理需要又可分为饥(food, F)、渴(water, W)、衣(clothing, C)、住(house, H)、行(action, A)。

(3) 评价目标

模型中的评价目标是判断外部刺激对自身目的的影响。通过对外部刺激所产生的后果与自身的目的相比较来判断所产生的影响是利还是有害。由于这种判断是一种模糊性现象,无法用精确的数学来描述,因此根据模糊集合的概念,结合心理学理论将评价目标分为5个等级:强注意(A_2)、较强注意(A_1)、注意(A_0)、弱注意(A_{-1})、较弱注意(A_{-2}),数值化

$$\text{为:} \begin{matrix} A_{-2} & A_{-1} & A_0 & A_1 & A_2 \\ [-1 & -0.5 & 0 & 0.5 & 1] \end{matrix}$$

(4) 评价指标集

为了衡量外部刺激各因素所产生的影响,定义了以下评价指标集: {强有利(A_2), 较有利(A_1), 无所谓(A_0), 较有害

(H_1) , 强有害 (H_2) 。指标集的含义是:外部刺激对人类某种需求产生的影响是有利的还是有害的。如果评价目标是“注意”,评价结果是“强有利”,则表明该刺激非常符合人类需要,能激发人类的强烈的兴趣度和注意力,从而做出有意识的反应,进而更新记忆数据库的相关内容。如果评价目标是较弱注意,评价结果是没影响,则不会引起人类的注意,从而忽略此刺激的存在。

限于篇幅,仅以人类生命的最基本需求——生理需求为例,采用两级评价模型展开讨论,如图3所示。

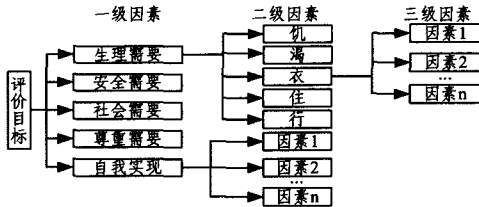


图3 注意度模糊综合评价层次结构

(1) 二级模糊综合评价

由于第一层次的各因素都由第二层次的若干因素决定,因此第一层次的每一因素的单因素评价,应是第二层次的多因素综合评价的结果。令第二层次的因素评价矩阵 $R_i^{(2)}$ 为

$$R_i^{(2)} = \begin{bmatrix} r_{11}^{(2)} & r_{12}^{(2)} & \cdots & r_{1p}^{(2)} \\ r_{21}^{(2)} & r_{22}^{(2)} & \cdots & r_{2p}^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{q1}^{(2)} & r_{q2}^{(2)} & \cdots & r_{qp}^{(2)} \end{bmatrix}$$

式中, i 为外部刺激类型, p 为评价目标数, q 为评价因素数。

根据马斯洛需求层次理论,生理需求归结为饥(Food, F)、渴(Water, W)、衣(Clothing, C)、住(Housing, H)和行(Action, A)等5种基本类型。由此,可以得到第二层次的评价因素的评价矩阵为

$$R_i^{(2)} = \begin{matrix} & A_2 & A_1 & A_0 & H_1 & H_2 \\ \begin{matrix} F \\ W \\ C \\ H \\ A \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{FA2} & r_{FA1} & r_{FA0} & r_{FH1} & r_{FH2} \\ r_{WA2} & r_{WA1} & r_{WA0} & r_{WH1} & r_{WH2} \\ r_{CA2} & r_{CA1} & r_{CA0} & r_{CH1} & r_{CH2} \\ r_{HA2} & r_{HA1} & r_{HA0} & r_{HH1} & r_{HH2} \\ r_{AA2} & r_{AA1} & r_{AA0} & r_{AH1} & r_{AH2} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

$$Q^{(2)} = \begin{matrix} & E & A & O \\ \begin{matrix} F \\ W \\ C \\ H \\ A \end{matrix} & \begin{bmatrix} \omega_{FE}^{(1)} & \omega_{FA}^{(1)} & \omega_{FO}^{(1)} \\ \omega_{WE}^{(1)} & \omega_{WA}^{(1)} & \omega_{WO}^{(1)} \\ \omega_{CE}^{(1)} & \omega_{CA}^{(1)} & \omega_{CO}^{(1)} \\ \omega_{HE}^{(1)} & \omega_{HA}^{(1)} & \omega_{HO}^{(1)} \\ \omega_{AE}^{(1)} & \omega_{AA}^{(1)} & \omega_{AO}^{(1)} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

式(3)给出了外部刺激(即事件结果(E)、行为(A)、对象(O))与评价因素之间的关系定义,表中 $\omega_{ij} \in [0, 1]$ 表示在外部刺激 $j(j=E, A, O)$ 的评价模型中评价因素 $i(i=F, W, C, H, A)$ 的评价权值。 ω_{ij} 越大,则评价因素 i 对 j 类型刺激的评价结果影响越大; $\omega_{ij}=0$ 表示 j 类型的刺激不需要对评价因素 i 进行评价。式中行代表评价因素,列代表外部刺激类型。

在评价模型中,“事件结果”、“行为”和“对象”3种外部刺激在评价目标(即强注意 (A_2) 、较强注意 (A_1) 、注意 (A_0) 、弱注意 (A_{-1}) 和较弱注意 (A_{-2}))不同的情况下,各评价因素的权值也不同。在制定权重系数时,不仅要考虑心理学专家的

意见,还要进行大量普通群众的观点调查,并需要在长期评估的基础上进行合理的修正,以使得权重系数的选取更科学,使评价结果更符合人类的心理状态。

本文虽然对于心理学理论、人类情绪和人类意识产生机制进行了研究,但是出于科学严谨的态度,没有给出各因素的具体权值,暂用数学符号代替。随着理论研究的不断加深,我们准备在下一步研究中解决此问题。式(4)~式(6)分别给出了在事件结果型(E)、行为型(A)、对象型(O)刺激下各评价目标的评价因素权值的表示符号 $Q_E^{(2)}$, $Q_A^{(2)}$, $Q_O^{(2)}$,以利于后面的推理。

$$Q_E^{(2)} = \begin{matrix} & A_2 & A_1 & A_0 & H_1 & H_2 \\ \begin{matrix} F \\ W \\ C \\ H \\ A \end{matrix} & \begin{bmatrix} \omega_{FA2} & \omega_{FA1} & \omega_{FA0} & \omega_{FH1} & \omega_{FH2} \\ \omega_{WA2} & \omega_{WA1} & \omega_{WA0} & \omega_{WH1} & \omega_{WH2} \\ \omega_{CA2} & \omega_{CA1} & \omega_{CA0} & \omega_{CH1} & \omega_{CH2} \\ \omega_{HA2} & \omega_{HA1} & \omega_{HA0} & \omega_{HH1} & \omega_{HH2} \\ \omega_{AA2} & \omega_{AA1} & \omega_{AA0} & \omega_{AH1} & \omega_{AH2} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

$$Q_A^{(2)} = \begin{matrix} & A_2 & A_1 & A_0 & H_1 & H_2 \\ \begin{matrix} F \\ W \\ C \\ H \\ A \end{matrix} & \begin{bmatrix} \omega_{FA2} & \omega_{FA1} & \omega_{FA0} & \omega_{FH1} & \omega_{FH2} \\ \omega_{WA2} & \omega_{WA1} & \omega_{WA0} & \omega_{WH1} & \omega_{WH2} \\ \omega_{CA2} & \omega_{CA1} & \omega_{CA0} & \omega_{CH1} & \omega_{CH2} \\ \omega_{HA2} & \omega_{HA1} & \omega_{HA0} & \omega_{HH1} & \omega_{HH2} \\ \omega_{AA2} & \omega_{AA1} & \omega_{AA0} & \omega_{AH1} & \omega_{AH2} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

$$Q_O^{(2)} = \begin{matrix} & A_2 & A_1 & A_0 & H_1 & H_2 \\ \begin{matrix} F \\ W \\ C \\ H \\ A \end{matrix} & \begin{bmatrix} \omega_{FA2} & \omega_{FA1} & \omega_{FA0} & \omega_{FH1} & \omega_{FH2} \\ \omega_{WA2} & \omega_{WA1} & \omega_{WA0} & \omega_{WH1} & \omega_{WH2} \\ \omega_{CA2} & \omega_{CA1} & \omega_{CA0} & \omega_{CH1} & \omega_{CH2} \\ \omega_{HA2} & \omega_{HA1} & \omega_{HA0} & \omega_{HH1} & \omega_{HH2} \\ \omega_{AA2} & \omega_{AA1} & \omega_{AA0} & \omega_{AH1} & \omega_{AH2} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6)$$

根据模糊集合的合成计算公式,得到一级模糊综合评价的评价结果为

$$E_i^{(2)} = Q_i^{(2)} \circ R_i^{(2)} = (e_{i1}^{(2)}, e_{i2}^{(2)}, \dots, e_{in}^{(2)}) \quad (7)$$

式中, $i(i=E, A, O)$ 为外部刺激类型, $n=5$ 为评价指标个数。

(2) 一级模糊综合评价

第二级模糊综合评价的结果,只是上一层次(第一级)的单因素评价。为了继续求出第一级的综合评价,必须再次进行模糊综合评价。根据底层的模糊评价结果,我们可以得出一级模糊综合评价的因素评价矩阵 $R_i^{(1)}$,同样可以得到二级评价因素的评价权值 Q_E, Q_A, Q_O ,进而可以得到评价指标集的综合评价向量为

$$E_i^{(1)} = Q_i^{(1)} \circ R_i^{(1)} = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{im})$$

从而得到总体综合评价矩阵为

$$R = (E_E, E_O, E_A)$$

再根据每个评价对象所占的权重

$$Q = (Q_E, Q_O, Q_A)$$

可得到最终评价结果矩阵为

$$E = Q \circ R$$

最后,按照最大隶属度原则,求取评价结果中数值最大

(下转第265页)

比出图像的细节表现能力,能够客观地评价图像融合前后信息量的变化。其定义为:

$$EN = -\sum_{g=0}^{L-1} p(g) \cdot \log_2 p(g) \quad (4)$$

融合图像的熵值越大,说明融合图像携带的信息量越大。

(2) 相对误差

相对误差反映了融合后的图像 F 与原始图像 R 在光谱信息上的匹配程度。其定义为:

$$dDC = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{|R(i,j) - F(i,j)|}{R(i,j)} \quad (5)$$

如果数值较小,则说明融合后的图像在提高空间分辨率的同时,较好地保留了理想图像 R 的光谱信息。

(3) 平均梯度(清晰度)

平均梯度(清晰度)反映了图像中微小细节反差与纹理变化特征,是描述图像清晰度的一个物理量,其定义为:

$$\bar{g} = \frac{1}{(M-1)(N-1)} \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=1}^{N-1} \sqrt{\frac{(\Delta I_x^2 + \Delta I_y^2)}{2}} \quad (6)$$

式中, ΔI_x 和 ΔI_y 分别为 x 和 y 方向上的差分, $M \times N$ 为图像大小。平均梯度越大,图像越清晰,信息保留越多。

4.2 实验结果分析

从实验 1 可以看出,算法有效地保证了图像的清晰程度(熵值和清晰度较高),并有效地减少了图像的失真程度(相对误差最低)。向下采样的熵值达到了几种融合效果中的最高值,然而导致的误差也最大,融合后的图 4(e) 出现明显的混叠现象。而小波变换由于缺乏 contourlet 的多方向性,很难捕捉各个方向的图像细节信息。在细节的保持上面,图 4(d) 明显不足(熵值和清晰度最低),也由于该原因,图像融合后的相对误差较大。

从实验 2 可以看出,算法取得了很好的效果。融合后的熵值明显的高于对比图像,说明经本文方法融合后的图像信息量有所增加,并且保持在较高水平。融合后图像的相对误差最低,说明图像的失真程度也减少到最低。经本算法融合后的图像,在保证清晰程度(熵值和清晰度大)的同时,也较好地重构了图像的细节信息。从视觉效果和数据结果上来评价,本文算法都取得了较好的效果。

综上所述,本文算法有效地改善了传统融合算法中存在

的清晰度不高、误差较大的问题。另一方面,本文所提出的算法基于非向下采样的 contourlet 变化,有效地解决了 contourlet 融合中出现的混叠问题,同时保证了图像的细节信息。实验验证了算法的有效性。

结束语 针对融合后图像模糊的现象,提出一种自适应的图像融合策略。该方法基于 NSCT 对原始图像进行分解,获取图像的高、低频信息。对于图像的低频信息,通过设置阈值,选择变化率或均匀度优先权进行融合,在确保图像清晰度的同时,保证图像不失真;而对于高频信息,充分地突出图像的细节信息,采用基于对比度的融合策略。此方法在尽量保证图像信息完整的基础上,充分地考虑了图像特征,提高了图像的融合质量。实验表明,本文算法有效地提高了图像的清晰程度。

参考文献

- [1] Toet A, Van Ruyven L J, Velaton J M. Merging thermal and visual image by a contrast pyramid [J]. *Optional Engineering*, 1989, 28: 789-792
- [2] Burt P J, Adelson E H. The Laplacian pyramid as a compact image code [J]. *IEEE Transaction on communication*, 1983, 31: 532-540
- [3] Toet A. Multiscale contrast enhancement with application to image fusion [J]. *Optional Engineering*, 1992, 31: 1027-1031
- [4] 陶观群, 李大鹏, 路光华. 基于小波变换的不同融合规则的图像融合研究[J]. *光子学报*, 2004, 33(2): 211-224
- [5] 柴奇, 杨伟, 管怡, 等. 一种改进的可见光和红外图像融合算法[J]. *红外技术*, 2008
- [6] Wang W J, Tang P, Zhu C G. A wavelet transform based image fusion methods [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2001, 6(11): 1130-1136
- [7] Do M N, Vetterli M. The Contourlet Transform: An efficient directional multiresolution image representation [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2005, 14(12): 2019-2106
- [8] Liu Y, Guo B L, Wei N. Multifocus image fusion algorithm based on contourlet decomposition and region statistics [J]. *Image and Graphics*, 2007
- [9] Cunha A L, Zhou J P, Do M N. The nonsubsampled contourlet transform: theory, design and applications [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2006, 15(10): 3089-3101

(上接第 231 页)

的,然后与预先设定好的阈值进行比较。如果超过阈值,则该刺激可以引起注意度的转移,产生有意识反应;如果是新鲜刺激,则提取刺激特征,完成相应数据库的更新;如果是曾经出现并更新过的刺激,则按经验值做出恰当的反应。据此,我们给出人工意识模型,如图 4 所示。

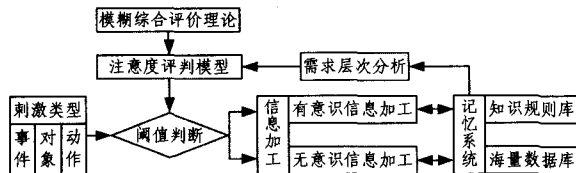


图 4 基于注意度评价的人工意识模型

结束语 本文探讨了意识的产生机制,发现了注意度对意识产生的影响,并在分析马斯洛需求层次理论的基础上建立了基于注意度评价的人工意识模型,从而为探索人工情感建模提供了一种新的理论方向,为情感机器人的研究开辟了一个新的可能性。

人工意识作为人工心理理论未来研究的重点内容之一,主要用来支持开发有情感、意识的智能机器人,但在理论分析和实现上还有许多问题亟待解决。例如,注意度对意识的影响还可以进一步商讨;数据库的更新机制还需要进一步研究;人工意识模型还是简单的模型,可以进一步细化,展开研究。在今后的研究中将对此继续探讨。

参考文献

- [1] 钟义信. 意识机:理论与模型[J]. *电子学报*, 2000(10)
- [2] 程邦胜,唐孝威. 意识问题的研究与展望[J]. *自然科学进展*, 2004, 14(3)
- [3] 霍涌泉. 意识心理学[M]. 上海:上海教育出版社, 2006
- [5] 马斯洛. 马斯洛人本哲学[M]. 北京:九州出版社, 2003
- [6] 李安贵,张志宏,等. 模糊数学及其应用(第 2 版)[M]. 北京:冶金工业出版社, 2005
- [7] Ortony A, Clore G L, Collins A. The Cognitive Structure of Emotions[M]. New York: Cambridge University Press, 1988: 68-83