

智能虚拟环境中主体的情感计算研究

石琳¹, 李志刚², 王志良³, 赵巍⁴

(1. 河北理工大学 计算机与自动控制学院, 河北 唐山 063009; 2. 唐山学院 计算中心, 河北 唐山 063000;
3. 北京科技大学 信息工程学院, 北京 100083; 4. 河北科技师范学院 数学与信息科技学院, 河北 秦皇岛 066004)
(pattiesl@126.com)

摘要:为了在智能虚拟环境中赋予主体情感能力,提高其逼真度及人机交互的自然性,并且兼顾虚拟环境的实时性要求,以心理学中的基本情绪理论和认知评价理论为依据,模拟推理规则为基础,提出了一种情绪产生器模型。该模型首先根据模糊 IF-THEN 规则制定情绪激发条件规则,进而推理得出“情绪因子”;然后建立了一个受情绪因子、个性及前一时刻的情绪状态制约的非线性函数,用来生成当前情绪及计算情绪强度。仿真结果表明,模型较符合人类的基本情绪状态的产生、迁移及衰减规律,在一定程度上体现了人类情绪的模糊性和非线性,而且易于机器实现。

关键词:智能虚拟环境;情感计算;情绪模型;模糊规则;非线性函数

中图分类号: TP18 **文献标志码:** A

Research of affective computing in intelligent virtual environment

SHI Lin¹, LI Zhi-gang², WANG Zhi-liang³, ZHAO Wei⁴

(1. College of Computer and Automatic Control, Hebei Polytechnic University, Tangshan Hebei 063009, China;
2. Computer Center, Tangshan College, Tangshan Hebei 063000, China;
3. School of Information Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;
4. School of Mathematics and Information Technology, HeBei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao Hebei 066004, China)

Abstract: To equip the Agent with emotions, enhance its fidelity and natural interaction with human beings and to satisfy the real-time requirement in intelligent virtual environment, according to basic emotion theory and cognitive evaluation theory in psychology, an emotion model based on fuzzy rules was proposed. Firstly, "emotion factor" was generated according to the emotion elicitation rules based on fuzzy IF-THEN rules. Then a nonlinear function restricted by personality, emotion factor and emotion state at the previous moment were used to compute emotion strength. The simulation result shows that this model can simulate the fuzzy and nonlinear characteristic of human emotion to a certain extent, and more importantly, it is easy to realize by computer program.

Key words: intelligent virtual environment; affective computing; emotion model; fuzzy rule; nonlinear function

0 引言

智能虚拟环境^[1]作为一种未来的人机界面,可以广泛应用于教育培训、娱乐游戏、媒体信息等领域。它涉及的一些关键技术,如复杂场景实时显示、虚拟人行为动画等已经趋于成熟,人们能身处于虚拟现实技术所创建的亦幻亦真的世界里。但是智能虚拟主体(Intelligent Virtual Agent, IVA)^[2]的构建却有待于完善,虽然某些主体已经能够具备栩栩如生的外形,一定的思维功能和行为功能,但还是给人一种冷冰冰的感觉。如果这种带有智能性的虚拟主体再具有情感交互能力(情感识别、理解和表达的能力)的话,无疑会为他增添不少的真实性与可信性。因此,在赋予主体智能后,如何赋予主体情绪,使其既有“脑”,又有“心”,能够与用户进行自然和谐的交互,已成为当前计算机工程领域和认知科学领域的研究热点^[3]。情绪建模,即用某种数学模型来描述人类情绪的产生及变化过程,是实现该目标的关键所在。尽管目前有许多来自不同领域的情绪模型^[4-13],但是针对虚拟现实领域,已有的情绪模型还存在一定的弊端。例如模型太过复杂,不能达到主体

反应的实时性;或者已有情绪模型很少论及非认知因素(例如个性)对情绪状态的影响。

本文针对智能虚拟环境的特殊要求,试图建立同时具备实时性与真实感的,且易于机器实现的情绪模型。以心理学中的认知评价理论和基本情绪理论为依据,提出一种基于模糊规则和非线性函数的模糊情绪产生器,用来模拟人类基本情绪的产生和迁移过程。

1 情绪产生器的心理学依据和相关概念介绍

心理学中的认知评价理论认为“认知是情绪的决定因素”,情绪是由认知评价引起的,刺激只有通过对它的认知评价才能产生情绪。另外,Lazarus R. S 强调,个性心理结构(如信仰、态度、人格特征等)也是认知因素的一个决定性条件^{[14][105]}。不同个性的个体对相同刺激的评价是不同的,从而可能导致产生的情绪也是相异的。

另外,人类拥有数百种情绪,这些情绪或相互渗透,或泾渭分明。有些情绪甚至人们自己都无法辨别^{[14][120]}。所以,考虑到易于分辨及实现等因素,本文采用了在心理学界和工程

收稿日期:2009-11-30;修回日期:2010-01-21。

作者简介:石琳(1981-),女,河北泊头人,讲师,博士,主要研究方向:情感计算与人工心理、虚拟现实;李志刚(1979-),男,河北唐山人,讲师,硕士,主要研究方向:虚拟现实、无线通信;王志良(1956-),男,河南周口人,教授,博士,主要研究方向:人工心理、智能计算;赵巍(1980-),女,河北秦皇岛人,助教,硕士,主要研究方向:网络多媒体、虚拟仿真。

学界都占据着主要地位的 Ekman 提出的基本情绪分类方法,即人类具有六种基本情绪:高兴、愤怒、厌恶、恐惧、悲伤、惊奇^[15]。

本文基于心理学中的基本情绪理论和认知评价理论作为建模的心理学依据,构建模型时使用到“个性”,“情感”和“情绪”的概念,其具体定义可参考文献[16],这三者既有区别又有联系。个性(personality)持久性最强,一般人的个性是很难改变的,它同时影响着情感与情绪的激活和衰减;情感(affection)通常被看作一种持续时间较长的背景过程,较稳定,情感也可以影响某种情绪的激活和衰减;情绪(emotion)可以认为是一个瞬间状态,易变化,不稳定。三者可以根据持续时间的长短形成个性—情感—情绪的层次关系,如图1所示。

本文目的并不在于剖分它们的概念定义,而是侧重于个性以及情感都会对情绪产生影响这一事实。

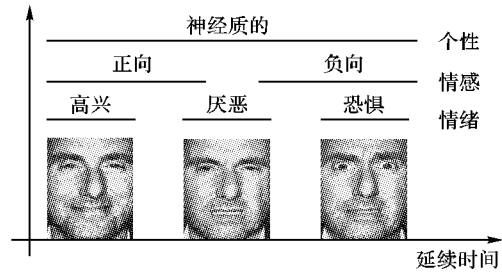


图1 个性、情感与情绪的层次关系

2 情绪产生器的总体结构

本文提出的情绪产生器模型的总体结构如图2所示。情绪产生过程可以分为两步:1) 认知评价,选取适当的评价因素,根据模糊 IF-THEN 规则制定情绪激发条件规则,经推理得出“情绪因子”;2) 根据情绪因子、个性参数及前一时刻的情绪状态,生成当前情绪并计算情绪强度。

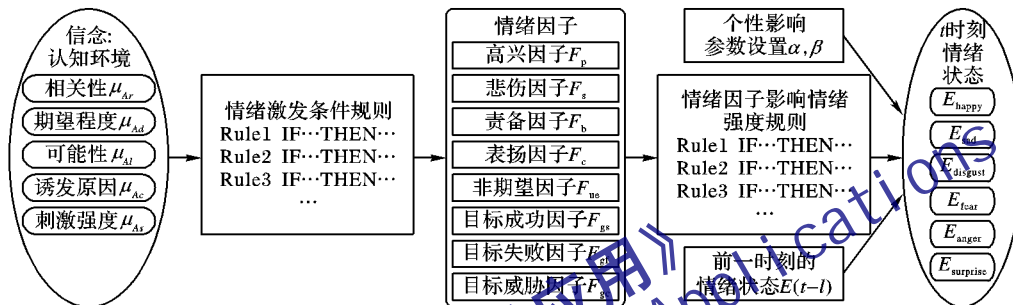


图2 情绪产生器的总体结构

3 情绪产生器的实现过程

3.1 认知评价

认知评价理论认为是否会引发情感、将引发哪种情感都取决于对事件的评价和解释,而不是事件本身。所以,从哪些因素对事件进行评价是非常重要的。心理学家一般常用的认知评价因素包括期望程度、喜好度、紧急性、适应性和可能性等^[17]。本模型选取了其中的五个评价因素:相关性、期望程度、可能性、诱发原因和刺激强度,通过对这些因素进行评价,来激发某种情绪产生。

采用模糊数学理论对各评价因素进行模糊化,然后根据评价因素的模糊取值来确定情绪激发条件规则。其中,情绪激发条件规则利用的是多前提规则的模糊 IF-THEN 规则进行推理与分析。

为各评价因素分别引入相应的隶属度,如表1所示。即评价因素可以用以下向量来表示 $\mu_A = (\mu_{Ar} \mu_{Ad} \mu_{Al} \mu_{Ac} \mu_{As})$ 。假设当前 $\mu_A = (1 \ 1 \ 1 \ 0.5 \ 0.5)$,则表示当前事件或目标对于 IVA 来说,非常重要,而且期望程度很高,并且成功的可能性很高,那么,根据以下介绍的情绪激发规则,会导致“目标成功因子”很高,继而根据情绪产生规则,使得 IVA 产生高兴的情绪。

另外,有关刺激强度和诱发原因两个评价因素,由于都有正向负向之分,所以引入 $\hat{\mu}_{As}, \hat{\mu}_{Ac} \in [-1, 1]$ 。以刺激强度举例说明,该值表示受到外界刺激的极性与强度,其负向值越小,表示受到的负向刺激越大;其正向值越大,表示受到的正向刺激越大。利用公式 $\mu_{As} = (\hat{\mu}_{As} + 1)/2$,将其变换到 $[0, 1]$ 区间,即用 $\mu_{As} \in [0, 1]$ 表示其隶属度。当 $0.5 < \mu_{As} < 1$ 时,表示受到正向的外部刺激;当 $0 < \mu_{As} < 0.5$ 时,表示受到负向的外部刺激。

本文的模型使用了八个情绪因子,因为这八个因子与其他因素相结合,能充分生成人类六种基本情绪。它们分别是:高兴因子、悲伤因子、责备因子、表扬因子、非期望因子、目标成功因子、目标失败因子和目标威胁因子。

部分情绪激发条件规则如下。

1) 高兴因子 (F_p)。

IF 正向外部刺激 AND 刺激强度很高 AND 期望程度非常高

THEN F_p 为高;

2) 责备因子 (F_b)。

IF 目标非常重要 AND 期望程度非常高 AND 受到其他 IVA 阻止作用非常强

THEN F_b 为高;

3) 非期望因子 (F_{ue})。

IF 期望程度很低 AND 刺激强度很高

THEN F_{ue} 为高;

4) 目标成功因子 (F_{gs})。

IF 目标非常重要 AND 期望程度非常高 AND 成功可能性非常高

THEN F_{gs} 为高;

5) 目标失败因子 (F_{gf})。

IF 目标非常重要 AND 期望程度非常高 AND 成功可能性低

THEN F_{gf} 为高;

6) 目标威胁因子 (F_{gc})。

IF 目标非常重要 AND 目标受到其他 IVA 的威胁

THEN F_{gc} 为高;

以上模糊规则在具体处理时需要形式化,以便于机器实现,因此,将各评价因素的相关“程度级别”与其“隶属度范

围”作了如表1所示的对应。例如“目标非常重要”,由表1可知,此程度对应的隶属度范围为 $\mu_{Ar} \in (0.75, 1]$ 。根据不同的应用,该对应关系可以相应地进行修改。

表1 各评价因素的相关“程度级别”与“隶属度范围”对应表

评价因素	程度级别	隶属度范围
相关性 μ_{Ar}	[不太重要, 一般重要, 比较重要, 非常重要]	[0, 0.25, 0.5, 0.75, 1]
期望程度 μ_{Ad}	[不太期望, 一般期望, 比较期望, 非常期望]	[0, 0.25, 0.5, 0.75, 1]
可能性 μ_{Al}	[可能性低, 可能性一般, 可能性 较高, 可能性非常高]	[0, 0.25, 0.5, 0.75, 1]
诱发原因 μ_{Ac}	[阻止作用非常强(受到IVA威 胁), 阻止作用比较强, 阻止作用 一般, 阻止作用弱, 帮助作用弱, 帮助作用一般, 帮助作用较强, 帮助作用非常强]	[0, 0.125, 0.25, 0.375, 0.5, 0.625, 0.75, 0.875, 1]
刺激强度 μ_{As}	[负向刺激非常强, 负向刺激较 强, 负向刺激一般, 负向刺激弱, 正向刺激弱, 正向刺激一般, 正 向刺激较强, 正向刺激非常强]	[0, 0.125, 0.25, 0.375, 0.5, 0.625, 0.75, 0.875, 1]

本文规定各个情绪因子等于其相关评价因素与隶属度的乘积,但诱发原因和刺激强度两个评价因素除外。另外,IF-THEN规则中涉及到某评价因素 μ 为低时,这时,在计算与该评价因素相关的情绪因子时,应该取 $1 - \mu$ 。

根据表1基本可以将模糊的情绪激发条件规则形式化,例如:

1) 非期望因子(F_{uc})。

IF $0 \leq \mu_{Ad} \leq 0.25$ AND $0.875 \leq \mu_{Ac} \leq 1$

THEN $F_{uc} = (1 - \mu_{Ad}) \times \hat{\mu}_{As}$

2) 目标成功因子(F_{gs})。

IF $0.75 \leq \mu_{Ar} \leq 1$ AND $0.75 \leq \mu_{Ad} \leq 1$ AND $0.75 \leq \mu_{Al} \leq 1$

THEN $F_{gs} = \mu_{Ar} \times \mu_{Ad} \times \mu_{Al}$

关于情绪因子的程度级别与其隶属度的对应需要根据表1具体制定,它的隶属度范围会根据表1中数据的变化而变化。

3.2 情绪产生及情绪强度的计算

情绪强度由个性、情绪因子、时间和其他情绪的影响得到。首先,为各情绪因子都设置了一个阈值 $T \in (0, 1]$,只有当各情绪因子大于它的阈值时,才会对情绪强度产生影响。其部分影响规则如下:

Rule1:

IF $F_p > T_p$, THEN 按比例增加高兴的强度

即 $\Delta_p = (F_p - T_p)/T_p$ 。

Rule2:

IF $F_{gf} > T_{gf}$ AND $F_b > T_b$, THEN 按乘积比例增加愤怒的强度

即 $\Delta_{gb} = (F_{gf} - T_{gf})/T_{gf} \times (F_b - T_b)/T_b$ 。

对于前面提到的影响情绪强度的其他情绪状态,本文只考虑上一时刻的情绪状态对当前时刻情绪状态的影响。因此,情绪强度计算公式为:

$$E_i(t) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{-(X(t) - \alpha)}{\beta}\right)} \quad (1)$$

$$X(t) = \begin{cases} X(t-1) + \Delta + \sum_j w_{ji} E_j(t-1) - \varepsilon, & X(t) > 0 \\ 0, & X(t) \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式(1)、(2)中: $E_i(t)$ 表示 t 时刻情绪状态 i 的强度; α, β 表示个性对情绪的影响,通过调节这两个参数,可以较好地实现个性对情绪的影响; Δ 表示由以上介绍的情绪产生规则的输出; ε 表示衰减系数; w_{ji} 表示情绪状态 j 对情绪状态 i 的影响系数。

由式(1)可以得出, $E_i(t) \in (0, 1]$,并且经过多次实验规定 $\alpha, \beta \in (0, 1)$,在此范围内对这两个参数进行微调可以较好地表现个性对情绪的影响。式(2)中, ε 衰减系数规定为一个较小值,可以根据具体情况具体设定。另外,在此规定 $w_{ji} \in [-1, 1]$,为负表示情绪状态 j 对情绪状态 i 起抑制作用,为正表示情绪状态 j 对情绪状态 i 起促进作用,此影响系数可由实验统计得出,也可由专家指定。而且对于不同性格的人来说,会有所不同。

考虑到同一时刻,认知评价这一步可能会建立多个情绪因子,可能会引发多种情绪状态同时存在,从而造成相互之间的抑制或促进。多种情绪状态同时存在在实质上是符合人类情绪特征的,所以,没有再引入情绪过滤机制,而是允许多种情绪状态并存,引入了“主流情绪”的概念,即以情绪强度为评价指标,强度最大的情绪状态称为主流情绪。

另外,规定当前所有情绪状态的强度都小于0.01时,认为此时的情绪状态为“平静”。

4 Matlab 仿真分析

为了验证本文提出的情绪产生器的合理性与正确性,用Matlab做了仿真,各参数值的确定依据为3.2节中的有关情绪强度计算公式中各参数的规定。其中衰减系数 ε 取了较小值0.01,而 $\alpha = 0.5, \beta = 0.1$,目的是为了创建一种较为鲜明的、情绪波动较大的个性特征。当然,也可以在规定范围内对这两个参数进行适当调节,从而模拟不同个性,具体可见仿真3。

仿真1 假设:

1) 高兴因子阈值 $T_p = 0.5; \varepsilon = 0.01; \alpha = 0.5, \beta = 0.1$;

2) 前一时段主流情绪为悲伤,强度为0.4,并存极小的高兴情绪;

3) $t = 10$ 时刻,IVA受到了正向刺激, $\mu_{As} = 0.9, \mu_{Ar} = 0.86$ 。

仿真曲线如图3所示。

仿真2 其他假设条件不变,条件2)变更为:前一时段悲伤强度0.4,愤怒强度0.5,仿真曲线如图4所示。

由图3、4的仿真曲线图对比分析可以得出以下结论。

1) 随着时间推移,各种情绪强度一直呈衰减状态,至各种情绪强度几乎为0,即“平静”状态。

2) 受到外部正向刺激,高兴强度骤增,且悲伤和愤怒的衰减速度增加,说明情绪之间相互影响。但仿真2中由于前一时段悲伤、愤怒并存,所以高兴强度由于悲伤和愤怒的抑制作用迅速衰减,大概持续2~3 min后,主流情绪仍为愤怒。

由仿真1、2可以充分看出,该模型能较好地反应情绪状态之间的抑制或促进作用,也能较好地反应外界刺激对情绪

强度的影响,以及在外界刺激下,情绪状态是逐渐衰减,直到平静。

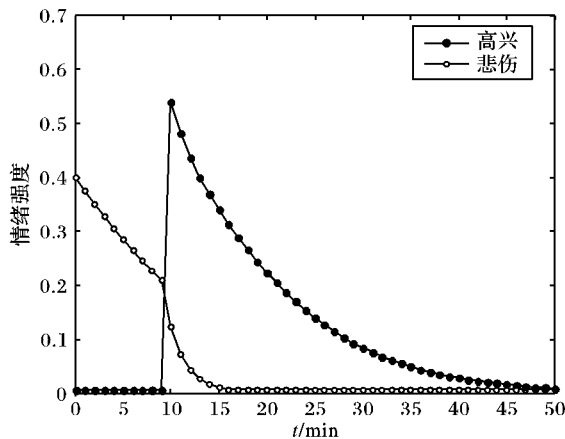


图3 悲伤时,受外界正向刺激曲线

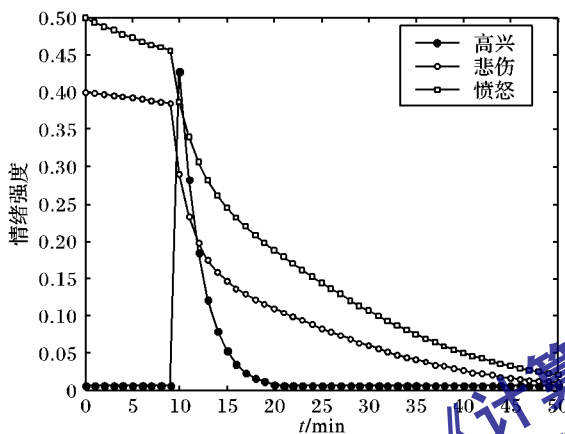


图4 悲伤、愤怒时,受正向外界刺激曲线

仿真3 其他假设条件仍不变,条件2)变为:前一时段只存在极小强度的高兴情绪状态;分别取 $\beta = 0.1$, $\beta = 0.2$, $\alpha = 0.5$ 。仿真曲线如图5所示。

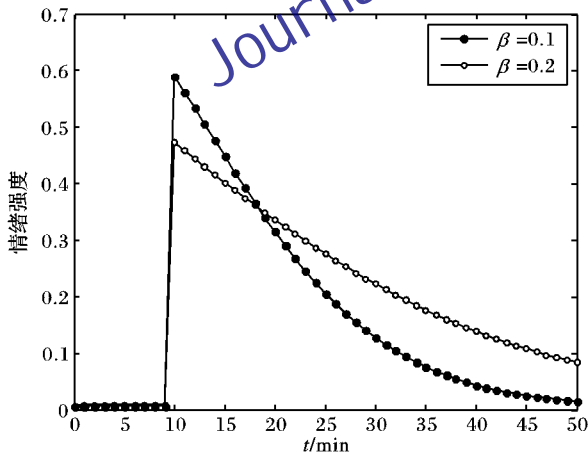


图5 同样的外界刺激下, β 不同取值对情绪强度影响

由图5的仿真曲线分析可以得出以下结论。

1) $\beta = 0.1$, $t = 10$ 时,高兴情绪强度的最大值约为0.6; $\beta = 0.2$, $t = 10$ 时,高兴情绪强度的最大值约只有0.45。由此可以得出,受到同等强度的刺激时, β 越大,情绪强度的极值点越小。

2) $\beta = 0.1$ 时,曲线上速率快,下降速率也快;相反, $\beta = 0.2$ 时,曲线上速率慢,下降速率也慢。

因此,可以用调整 β 的大小来形成IVA不同的性格。 β 越

小,受刺激后,IVA的情绪变化迅速,很快达到极值点,但衰减也相当迅速,因此,如果想模拟性格易变、受外界影响大、情绪波动大的人,可以将 β 设置得较小; β 越大,对应的人的性格恰好相反,受外界刺激后,情绪波动小,如果想模拟性格较稳定的人,可以将 β 设置得较大。

由本章的Matlab仿真分析,可以反映出本文提出的情绪产生器及情绪强度计算公式较符合人类真实的情绪产生机制、情绪之间的相互影响、情绪强度的衰减过程及个性对情绪的影响,从而验证了情绪建模的合理性。

5 结语

本文针对智能虚拟环境的特殊应用背景,描述了一种情绪建模方法,该方法主要考虑到情绪现象的复杂性与模糊性,选择模糊规则和非线性函数来建立模型。经Matlab仿真结果,该模型能够较合理地模拟人类几种基本情绪的产生、迁移以及相互促进和抑制特性。由于实现简单,所以既能满足智能虚拟环境对真实感、人性化的要求,又能兼顾实时性要求。

下一步工作将着重于模型的应用。建立情绪模型的最终目的在于将其与智能虚拟主体结合,使其更加智能化、人性化,进而产生类人行为。建立外形逼真行为真实的智能虚拟主体是今后工作的重点。

参考文献

- [1] 潘志庚, 许威威, 张明敏. 智能虚拟环境[J]. 系统仿真学报, 2007, 13(S2): 152-155.
- [2] 潘志庚, 杨宏伟, 刘箴. 虚拟智能体情感研究综述[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007, 19(12): 1509-1517.
- [3] 赵积春, 王志良, 王超. 情绪建模与情感虚拟人研究[J]. 计算机工程, 2007, 33(1): 212-215.
- [4] 唐孝威. 论脑内信息加工的模式转变[J]. 应用心理学, 2002, 6(2): 39-42.
- [5] MAYNE T J, BONANNO G A. Emotions: Current issues and future directions [M]. New York: The Guilford Press, 2001.
- [6] ORTONY A, CLORE G L, COLLINS A. The cognitive structure of emotions [M]. London: Cambridge University Press, 1988.
- [7] SLOMAN A. What are emotion theories about? [EB/OL]. [2009-08-26]. <http://www.cs.bham.ac.uk/research/projects/cogaff/sloman-aai04-emotions.pdf>.
- [8] BOTELHO L M, COELHO H. Machinery for artificial emotions [J]. Cybernetics and Systems, 2001, 32(5): 465-506.
- [9] MIWA H, ITOH K, ITO D, et al. Introduction of the need model for humanoid robots to generate active behavior[C]//Proceedings of The 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Washington, DC: IEEE Press, 2003: 1400-1406.
- [10] 秦莉娟, 庄越挺, 潘云鹤, 等. 面向事件动态相关的情感计算模型[C]//第一届中国情感计算及智能交互会议论文集. 北京: [出版者不详], 2003.
- [11] 刘箴. 虚拟人情绪向量和表情向量的合成[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(S1): 404-406.
- [12] 程宁, 范玉妹, 刘冀伟, 等. 基本情绪理论在人工心理建模研究中的应用[J]. 计算机工程, 2005, 31(22): 175-177.
- [13] 王琦, 陈仪香. 基于知网的虚拟人情感建模研究[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(5): 76-79.
- [14] 孟昭兰. 情绪心理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005.
- [15] EKMAN P. Emotions Revealed [M]. New York: Times Books, 2003.
- [16] 孟昭兰. 普通心理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2004.
- [17] GRATCH J. A domain-independent framework for modeling emotion[J]. Journal of Cognitive Systems Research, 2004, 4(5): 269-306.