

# 人工情感进化模型及其学习算法的研究

朱飒飒, 彭力, 王巍

ZHU Sa-sa, PENG Li, WANG Wei

江南大学 通信与控制工程学院, 江苏 无锡 214122

School of Communication and Control Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China

E-mail: zsa@126.com

ZHU Sa-sa, PENG Li, WANG Wei. Research of artificial emotion evolutionary model and learning algorithm. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(32): 45-47.

**Abstract:** The establish of emotional model can let the computer be equipped with the basic identification and the ability to express emotion, and it has a wide range of applications in the harmony human-machine interaction. This paper has an analysis in human emotion, and proposes artificial emotion models. In order to more accurately express the evolutionary process of the human emotion model, we propose improved genetic algorithm to estimate the parameters of the model. In order to overcome premature convergence of real-coded Genetic Algorithms (GAs), we combines advantages of the two aspects of individual and population to propose a new crossover operator named Heuristic Weighted Crossover Operator (HWCO). Simulation results show that the emotional model estimated by the algorithm is in line with the basic law of human emotion.

**Key words:** artificial emotion; crossover operator; evolution; Genetic Algorithms (GAs)

**摘要:**情感模型的建立可以使计算机具备基本的情感识别和表达能力,在和谐人机交互方面有着广泛的应用。文中对人类情感进行了分析,在此基础上提出了人工情感模型,为了更精确地表达人类情感模型的进化过程,提出改进的遗传算法对模型进行参数的估计,为了克服实数编码遗传算法进化过程易于停滞的缺点,结合个体以及种群的平均适应度两个方面的优点,提出了一种新的改进型交叉算子——启发式加权交叉算子。仿真试验结果表明该算法估计的情感模型符合人类情感的基本规律。

**关键词:**人工情感;交叉算子;进化;遗传算法

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.32.013 文章编号: 1002-8331(2008)32-0045-03 文献标识码: A 中图分类号: TP301.6

## 1 引言

情感在人类智能中占重要的角色,正如 Minsky 教授提出的:“问题不在于智能机器能否拥有任何情感,而在于机器实现智能时怎么能够没有情感。”情感控制的一个关键问题是情感的概念和模型。很多研究者已经发表了他们的看法,Calhoun 以价值评估来处理情感,Frijda 以情景评价来处理情感,而 Cowie 则搜集了许多情感认知和情感建模的方法。Bozinovski 把情感看作是评价认知,并且提出了一种情感计算模型,Gadanh 认为情感是有价的,并有一定的持续时间,最终他提出了具有这些属性的情感模型。另一个关键的问题是怎样在智能系统中应用情感评价机制。一些研究者已经提出了基于情感学习机制的智能体,Bozinovski 提出了情感学习的价值规律和结构体系,Gadanh 用 Q-learning 算法完善了情感刺激学习方法的自主机器人,Inoue 建立了基于神经网络的情感决策系统,其中网络的结构和参数由遗传算法来决定<sup>[1]</sup>。

遗传算法是一种高度并行的随机化搜索的自适应的组合

优化算法。该算法不需要求导或其他辅助知识,只是通过影响搜索方向的目标函数和相应的适应度函数来寻求最优解,在许多领域得到了应用。本文基于隐马尔可夫的原理建立情感模型,用改进的遗传算法进行模型中参数的估计运算,通过编程试验,仿真结果证实了这两种方法结合的正确性与有效性。

## 2 情感分析与建模

### 2.1 情感分析

长期以来,情感并不是研究的热门话题,但是它却与人们的日常生活有着密切的联系。情感表达就是由外部刺激产生的情感表示,非语言的情感表达是其中一个研究主题。面部表达是一种非语言的表达,它通过面部特征联系内部情感。Yuasa 和他的同事用简单的眉毛和嘴巴构造面部表达,并且为用户设计出交互智能体已使他们能够把自己的情感传递给他人。

讨论了情感的一些基本要素,情感的理论体系定义也是情感分析的一个重要体系结构。1884年,James 首次讨论了刺激

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60674092)。

作者简介:朱飒飒(1982-),女,硕士研究生,主要研究领域为智能控制,情感虚拟人建模;彭力(1967-),男,博士,教授,主要研究领域为人工生命,智能控制,计算机仿真;王巍(1983-),男,硕士研究生,主要研究领域为智能控制理论与应用、优化。

收稿日期:2007-12-10 修回日期:2008-02-29

环境、生理变化和情感经验之间的联系<sup>[2]</sup>。

人类的情感反应主要是由于受到外界信息的刺激后产生的,并受到自身内部需求机制的影响,当一种特定的条件(包括输入的褒贬信号和推动机制所处的需求级别)超过某一阈值时会引发人类的情感反应,而由于每个人的遗传基因的不同及生长环境的不同,使得每个个体都具有不同的性格,所以对相同输入信号的情感反应并不是完全相同的,而是在一个可接受的范围内变化的,各不相同。关于情感产生的激励信号<sup>[3]</sup>,人们着重考虑意识刺激,而由经验表明人类接受的最多的还是“表扬”和“批评”这两种意识刺激信号,本文所研究的情感系统主要就这两种感知信号做出反应。输入信号通过简单的模式匹配的判断方式,转化为两种意识刺激信号之一。本文的设计重点主要是以已经判断好的意识刺激信号作为激励。

## 2.2 情感模型的建立

一些研究者分析了情感模型的类型。OCC 情感模型是情感分析中一项试验性研究,提出 22 种基本情感,也有一些研究者提出了一些不同于其他研究者的情感模型,如, Gomi, Kort, Picard 等等。

医学心理学界<sup>[4]</sup>认为,人类情感可被划分为上百种类型,而且没有统一的分类方法,然而,所有这些复杂的情感都由四种基本的情感组成:高兴、悲伤、生气、恐惧,并且所有这些情感可分为不同的强度。根据医学心理学的研究,并不是所有的情感都接近智能控制,因此,选择合适的情感来建立情感模型是非常重要的。

基于上述的观点,文中提出基于隐马尔可夫过程的情感模型。隐马尔可夫模型<sup>[5]</sup>是一种用参数表示的,用于描述随机过程统计特性的概率模型。HMM 是在 Markov 链的基础上发展起来的。它是一个双重随机过程,其中之一是 Markov 链,这是基本随机过程,它描述状态的转移。另一个是随机过程描述状态和观察值,不像 Markov 链模型中的观察值和状态一一对应,因此,不能直接看到状态,而是通过一个随机过程去感知状态的存在及其特性。这与情感的特性非常相似,其中的观察值对应人类的表情,其中隐含的状态对应人类的心情。本文采用此理论解决情感建模问题。

对于一个正常人来说,他大多数时间是处于平静的心态下的,在之前未受过任何激励的时候,他应该处于一种平静的心态。由此分析,本文所设计的虚拟人对象起初的概率矢量  $\pi$  应为:

$$\pi = (\pi_1, \pi_2, \pi_3) = (1, 0, 0) \quad (1)$$

设在接受“表扬”信号时,心情的状态转移概率矩阵和表情的条件概率矩阵分别为:  $A_R[3][3], B_R[3][3]$ ;在接受到“批评”信号时,心情的状态转移概率矩阵和表情的条件概率矩阵分别为  $A_C[3][3], B_C[3][3]$ ,这是参考了文献[6]中的思想,但是文献[6]是采用 BAUM-WELCH 算法进行的参数估计,而本文将提出一种改进的遗传算法进行模型参数  $A_R, B_R, A_C, B_C$  的估计。对于一个虚拟人来说,他可能受到外界不同的刺激,基于前面对激励信号的阐述,定义激励信号为  $t$ ,当  $t=0$  时表示激励为批评,当  $t=1$  时表示激励为表扬;对于同一个虚拟人,可以给他连续不同的刺激,这样可以得到不同的激励信号序列。根据经验人为定义实际输出表情的概率矩阵为  $C$ ,当输入激励信号序列不同时,  $C$  值也不同。这里,心情的状态转移概率矩阵,指的是由初始心情向不同心情状态转移的概率,表情的条件概率矩阵指的是在某种心情条件下所表现出来的表情的概率。这里定义心情

状态:1—平静,2—好,3—坏;表情状态:1—无表情,2—高兴,3—悲伤。

## 3 基于改进遗传算法的情感模型参数估计

根据上述所建立的情感模型,本文提出改进的遗传算法进行模型参数的估计,用改进遗传算法进行此情感模型的参数估计,步骤如下:

(1)编码。在心情的状态转移概率矩阵和表情的条件概率矩阵中,各行元素都是概率,应满足概率定义的非负性和归一性,所以把矩阵的元素初始化为在  $[0, 1]$  上,且各行元素之和为 1,进行实数编码。种群大小为 100。

(2)适应度计算。本文取适应度函数为:  $f = C_{\max} - ERROR$ 。其中,  $C_{\max} = 33$ ,  $ERROR$  表示模型计算出的结果与经验定义的结果之间的误差。

(3)复制。复制过程采用轮盘赌的选择方法,计算每一个个体的适应度函数值  $f_i$ ,则种群中个体在下一代中被选择的概率

$$P_{select} = f_i / \sum f_i$$

(4)交叉。本文采用一种新的交叉算子——启发式加权交叉算子。设任意两父代个体为:

$$\mathbf{x}(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]$$

$$\mathbf{y}(t) = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)]$$

其中,认为个体  $\mathbf{x}(t)$  的适应度值  $f(\mathbf{x})$  较大,即:个体较优。两个子代个体中第  $i$  维变量的计算式为:

$$x_i(t+1) = \alpha x_i(t) + (1-\alpha) y_i(t) \quad (2)$$

$$y_i(t+1) = \alpha y_i(t) - (1-\alpha) x_i(t) \quad (3)$$

其中,  $\alpha = \left[ \frac{f(\mathbf{x})}{f(\mathbf{x}) + f(\mathbf{y})} \right]^{\gamma}$ ,  $\gamma \in (0, 1), n = 1, 2, \dots$ 。

$n$  为用式(2)或式(3)的次数,即:在计算  $x_i(t+1)$  时用到式(2),此时为第 1 次用到式(2),所以  $n=1$ ,因为  $x_i(t+1)$  一定是可行解,因此  $n$  只用到了  $n=1$ ;在计算  $y_i(t+1)$  时,第 1 次用到式(3),所以  $n=1$ ,当计算出的  $y_i(t+1)$  是可行解时,就与上述相同了, $n$  只用到了  $n=1$ ,但是当  $y_i(t+1)$  超出了允许的范围时,需重新按式(3)计算,此时为第 2 次用式(3),所以  $n=2$ ,以此类推,直到  $y_i(t+1)$  是可行解为止。

对式(2)来说,子代个体的范围不会超过父代个体的范围,是父代组成区间内的点,因此不会是不合理个体;对式(3)进行变化后,得到  $y_i(t+1) = \alpha[x_i(t) + y_i(t)] - y_i(t)$ ,是父代组成区间外的点,其范围有可能超出允许范围,但通过  $n$  的变化,逐步缩小与较优个体的距离,以便在有限步内,得到可行解,保证了程序的持续运行。

综上所述,这种启发式加权交叉算子不但为适应度大的个体加以大的权重,而且采用启发式策略,只在适应度大的个体左右进行搜索,因而收敛速度较快,不易陷入局部最优解,且避免了程序易陷入死循环。

(5)变异。变异算子采用的变异算子为<sup>[1]</sup>:  $x' = x \pm 0.5L\Delta$ 。其中,  $\Delta = \sum_{i=0}^m \frac{a(i)}{2^i}$ ,  $a(i)$  以概率  $1/m$  取值 1,以  $1-1/m$  取值 0,通常  $m=20$ ;  $L$  为变量的取值范围;  $x$  为变异前变量取值;  $x'$  为变异后变量取值。

交叉概率  $p_c$ , 变异概率  $p_m$  自适应进行调整,调整策略为:

表1 激励序列与表情概率对应关系表

输入激励信号序列	1	0	10	01	00	11	000
经验定义表情概率矩阵 $C$	[0.3 0.7 0]	[0.3 0 0.7]	[0.3 0.2 0.5]	[0.3 0.5 0.2]	[0.2 0 0.8]	[0.2 0.8 0]	[0.1 0 0.9]
输入激励信号序列	100	010	001	110	101	111	011
经验定义表情概率矩阵 $C$	[0.2 0.1 0.7]	[0.2 0.2 0.6]	[0.2 0.3 0.5]	[0.2 0.5 0.3]	[0.2 0.6 0.2]	[0.1 0.9 0]	[0.2 0.7 0.1]

$$p_c = \begin{cases} p_{c1} - \frac{(p_{c1} - p_{c2})(f' - f_{avg})}{f_{max} - f_{avg}} & f' \geq f_{avg} \\ p_{c1} & f' < f_{avg} \end{cases}$$

$$p_m = \begin{cases} p_{m1} - \frac{(p_{m1} - p_{m2})(f_{max} - f')}{f_{max} - f_{avg}} & f \geq f_{avg} \\ p_{m1} & f < f_{avg} \end{cases}$$

(6) 判断是否满足条件。本文中用进化代数作为条件, 进化代数为 150 次。当进化代数满足要求时, 结束遗传算法, 并返回 4 个矩阵。

#### 4 仿真试验

用上述提出的算法对虚拟人的情感模型进行参数估计。随着人机交互的不断进行, 虚拟人所接受的激励的情况也随之变化, 从而, 在某些情况下情感模型的初始概率矢量会有所变化。比如: 上一个激励是一个“批评”信号, 那么, 根据该信号作用下的情感模型会得到一个情感输出结果, 包括此时的心情和表情, 并且, 程序通过计算同样得到了出现其他可能出现的心态及表情的概率, 如果下一次是一个“表扬”信号作为情感激励, 那么, 此时的初始概率矢量应该由已经计算出的可能出现的各种心情的概率决定, 并且选用“表扬”信号下的模型初值  $A_R[3][3]$ 、 $B_R[3][3]$ ; 而如果接下来仍旧是“批评”信号, 则不需要重新估计模型参数, 而是按照上一刻计算得到的模型来产生下一个表情概率。

根据输入激励信号序列的不同, 可以得到  $N$  个表情概率矩阵,  $N = \sum_{i=1}^n 2^i$ , 其中,  $n$  为激励信号序列中包含的刺激信号的个数, 为了训练模型, 文中取  $i=3$ , 此时,  $N=2^1+2^2+2^3=14$ , 即有 14 个表情概率矩阵。表 1 为输入激励信号序列与经验定义的表情概率矩阵的对应关系。

为了验证此方法估计模型参数的正确性, 选取一些模型计算的实际结果作为对比, 虚拟人输出表情概率的计算过程如图 1 所示。

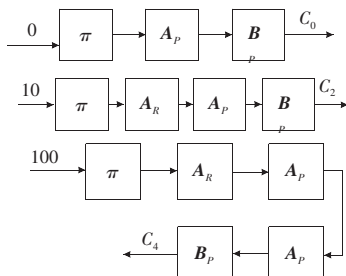


图1 模型输出表情概率计算

图 1 中仅列举了 3 种情况, 总共有 14 种情况, 其他计算方法相似, 这里略去。

用改进的遗传算法进行模型参数的估计, 这里定义误差函数分别为:  $ERROR_1$  均方误差,  $ERROR_2$  绝对误差, 其中

$$ERROR_1 = \|C_0 - C\|^2 + \|C_1 - C\|^2 + \dots + \|C_{13} - C\|^2$$

$$ERROR_2 = |C_0 - C| + |C_1 - C| + \dots + |C_{13} - C|$$

分别把误差函数代入到适应度函数  $f$  中, MATLAB 仿真结果如图 2 所示, 图 2 中适应度函数的曲线变化是越来越高, 说明由该算法估计的模型参数计算出来的表情输出概率越来越接近于经验定义的表情输出概率。

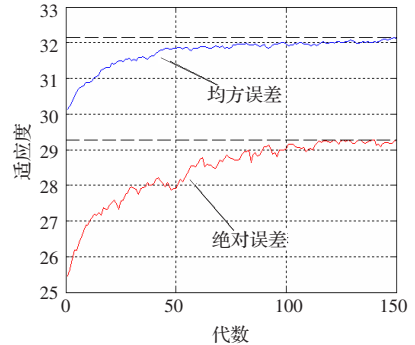


图2 适应度函数曲线

图 2 中 33 为零误差曲线, 从图中可以看出, 两条误差曲线均不超过零误差曲线, 且两者的趋势都是越来越接近于零误差曲线, 说明误差是越来越小的。因为, 作者选择了 11 组训练数据, 每一组有 3 个元素, 每个元素都在  $[0, 1]$  之间, 所以误差总和不超过 33。又因为, 对于均方误差是小于绝对值误差的, 所以均方误差的起点是高于绝对误差的。

#### 5 结束语

本文分析了人类情感及其模型, 为了使计算机更加智能、友好和更有能力, 需要完善和优化情感模型, 本文提出了改进的遗传算法对情感模型进行参数估计, 并通过仿真试验表明, 此算法能够正确有效地估计模型参数, 并验证了此模型符合人类的情感变化规律。

#### 参考文献:

- [1] Yu Changsheng, Xu Li. An emotion-based approach to decision making and self learning in autonomous robot control[C]//Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2004: 2386-2387.
- [2] Huang Chien-Chih, Kuo Rita, Chang Maiga, et al. Foundation analysis of emotion model for designing learning companion agent[C]//Proceeding of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2004: 2906-2911.
- [3] Peng Li, Wang Xuewei, Zhu Sasa. A model for virtual emotion human system[C]//Proceeding of the IEEE Conference on Automation Science and Engineering, 2006: 320-323.
- [4] Jiang Q. Mediac psychology[M]. 3rd ed. Beijing: Chinese People's Medical Publishing House, 2002.
- [5] 王玉洁, 王志良, 陈锋军, 等. 基于隐马尔可夫模型的情感建模[J]. 北京农学院学报, 2005, 20(1): 62-63.
- [6] 谷学静, 王志良, 刘翼伟, 等. 基于 HMM 的人工心理建模方法研究[J]. 计算机应用研究, 2006(12): 30-32.