

不确定性行为选择情绪机制

张国锋¹ 李祖枢²

(西安工业大学机械与电子工程学院 西安 710032)¹ (重庆大学自动化学院 重庆 400044)²

摘 要 通过对心理学、微观经济学有关情绪理论的深入剖析,阐明了情绪所具有的能量本质属性、行为驱动的功能作用属性、资源获取的内容属性,实现了对动机、(内)驱力、效用(主观价值)等概念的情绪本质的揭示。根据这 4 种感觉所遵守的共同函数规律,借鉴前景理论,建立情绪图式函数,获得了情绪与资源之间的函数关系原理。以上述结果为基础,采用情绪理性原则,建立了情绪驱动的行为选择机制。为验证该机制,建立了情绪驱动的竞争性、合作型行为选择机制和战斗行为选择机制,并在仿真平台 Swarm 上完成了仿真实验。实验结果证明,该机制是合理和有效的,为解决不确定环境条件的自主选择行为问题奠定了一定的理论基础。

关键词 人工生命,行为选择机制,情绪驱动,情绪理性

中图分类号 TP311.52 **文献标识码** A

Emotion Mechanism of Uncertain Behavior Selection

ZHANG Guo-feng¹ LI Zu-shu²

(Department of Mechatronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)¹

(Department of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044, China)²

Abstract Through thorough analysis of the emotion-related theories in psychology and microeconomics, the attributes of emotion were clarified whose essence is energy, function is driving behavior, sort reflects the sort of survival resources, and the emotional essence of motivation, (inner) drive and utility (subjective value) was discovered. According to the common law abided by these kinds of sense, and consulting Prospect Theory, emotion schema function was built up to obtain the principle of functional relationship between emotion and living resource. Based on these work, adopting optimistic selection principle, emotion-driven behavior selection mechanism was established. In order to validate the mechanism, emotion-driven competitive, cooperative behavior selection mechanism and fight behavior selection mechanism were constructed and simulations of them on platform Swarm were achieved. The simulation results confirm the proposed mechanism. Thus, the theory base of autonomous behavior selection achievement under uncertain conditions is provided.

Keywords Artificial life, Behavior selection mechanism, Emotion driven, Emotion rationality

1 引言

行为选择机制研究受传统人工智能的研究思路制约,一直以来,以智能为核心,专注于智能化的解决方案^[1]。然而,随着人工智能技术在娱乐、医疗、家庭或办公服务等第三产业中应用的深入,此类行为选择机制面对不确定环境条件无法实现自主行为选择和行为反应过于呆板的局限性就逐渐显现出来^[1]。

近十余年来,随着心理学对情绪机制认知的不断加深,将其应用于人工科学研究已成为热点^[2]。目前情绪机制的应用主要在情感计算和强化学习两个领域,前者用于人机交换,后者用于导航和路径寻优^[2]。他们的研究成果促使行为机制研究工作者尝试将其应用于行为选择机制的研究,以解决上述问题。

但是,所获得的各选择机制和情绪模型是基于设计的,欠缺相应的动物行为学或心理学理论基础支撑^[3]。其中,核心问题就是情绪数量规律没有得到揭示。本文以此问题为核心,阐述我们在建立情绪驱动的人工生命行为选择机制研究过程中所取得的相关理论研究结果。

情绪是心理学基本概念,然而,对其定义却莫衷一是^[4]。在情感计算和强化学习研究当中,情绪虽受到密切关注,但是由于其研究主题与情绪的本质属性问题无关,因此没有对情绪定义问题展开相关研究。而情绪本质问题对于行为选择机制的建立却至关重要,因此,本文以此问题为开端。

2 情绪概念

2.1 情绪

关于情绪定义问题,心理学家给出若干种观点,但彼此尚

到稿日期:2010-06-20 返修日期:2010-09-29 本文受国家自然科学基金项目(60443004)资助。

张国锋(1970—),男,博士,讲师,主要研究方向为人工生命行为选择机制, E-mail: zgfwlz@sina.com; 李祖枢(1945—),男,硕士,教授,博士生导师,主要研究方向为仿人智能控制、人工生命、机器人、机器博弈。

未达成一致^[4]。一般认为:情绪是生命体对客观事物的态度体验及相应的行为反应^[5]。而该定义也只是反映了情绪的成分组成,未能反映情绪现象的本质属性及其与行为之间的关系,即未反映其对于生命体生存的功能意义。因此,必须对情绪概念进行重新定义。这样,就必须对相关情绪机制理论进行梳理,以获取关于情绪本质的认识。

情绪研究的启蒙者是达尔文(Darwin)。他从生命生存进化角度对情绪进行了研究,得出了他的基本论断:情绪是生命体在进化过程高级阶段获得的比形态进化对其生存更有意义的适应工具,是生命体行为得以延续的机制^[6]。

詹姆士-兰格理论认为,使人激动的外部事件所引起的身体变化是情绪产生的直接原因,情绪是对这种身体变化的感觉。该变化包括由自主神经系统支配的内脏的变化和躯体神经系统支配的骨骼肌肉系统的反应^[7]。该理论鲜明地提出情绪是一种感觉,是生命体获取信息的一种方式。但是,该理论没有涉及具体的感知信息内容。

在情绪激活论学派学者当中,达非(Durffy)认为:情绪是生理和神经激活的结果,反映生命体能量水平的变化;不同的情绪,反映生命体处在不同的能量状态之中;情绪的功能就是驱动行为作用于引起情绪的环境意义事件,使其向着生命体希望的方向发展^[8]。温格(Wenger)认为,生命体能量状态的变化是交感神经和副交感神经激活状态变化的结果^[4]。宾德拉(Bindra)更进一步认为,交感神经和副交感神经激活状态变化是中枢神经系统对生命体内外信息处理的结果,目的是驱动或抑制行为^[4]。将詹姆士-兰格的情绪感知论断运用于该理论,可以得出情绪是生命机体对其肌体能量状态的感知方式。目前,还没有理论给出生命体感知其能量水平信息的方式。在这里,能量的情绪感知方式是一个答案。

情绪功能主义理论家伊扎德(Izard)认为,情绪在意识中的存在为生命体对所发生的意义事件做出行为反应提供能量准备,并促使生命体释放能量,促进生命体提高其行为转换能力^[4]。

情绪认知学派理论家拉扎勒斯(Lazarus)认为^[9],生命体为了生存不断对环境意义事件进行评价(信息加工),评价结果导致生命体状态发生变化,而产生情绪。根据其对于生命体生存的意义,当环境事件被评价为无关时,不产生情绪,或者说,环境事件不引起情绪变动;当评价为有益时,产生正情绪;当评价为有害时,产生负情绪。生命体为改善自身生存处境,主动采取相应行为去接近或延续现存的良好生存态势,减少或排除存在的生存威胁。而对于后者,生命体还要进行再评价。通过再评价来估计采取不同行为的后果,考虑适宜的应对策略,选择有效的手段。同样,这种再评价结果也将引起情绪。

总结上述情绪机制理论的研究结果,以生命体的生存为目的,围绕生存资源(物质资源和知识资源)的获取行为的实现,结合典型控制系统理论,得出以下情绪的功能作用机制原理,如图1所示。

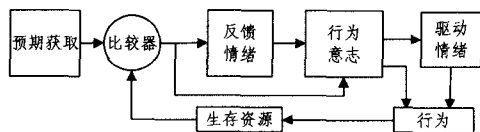


图1 情绪作用机制原理

生命体通过对在环境意义事件中生存资源获取或损失现实或预测的评价,使得生命体的能量状态发生变化,产生反馈情绪。在反馈情绪的作用下,大脑系统对通过感觉获取的各种信息进行加工处理,形成相应行为意志。接着对行为意志进行评价,而再次改变生命体能量状态,产生驱动情绪,促使生命体实施行为。行为结果再以反馈情绪形式为生命体感知。以此为基础,本文得出情绪概念的以下定义。

情绪是生命体为获取生存资源而对因行为意志和行为结果评价所导致的肌体能量状态(或功能状态)发生变化进行感知和表达的方式。

该定义反映了情绪的能量属性和对行为的组织作用,揭示了情绪服务于生命体生存的本质功能。在该定义下,唤醒指的是肌体能量水平的变化,能量为情绪的表达实现提供动力。

2.2 动机与(内)驱力的情绪本质

与情绪概念形影不离的还有动机概念。它是心理学行为机制理论研究的基本概念。但是,它也没有一个统一的定义。根据文献^[10],动机一般界定为由一种目标和对象所引导、激发和维持个体活动的心理过程或内部动力。该界定表明:就心理过程而言,动机指行为机制;而内部动力指动机内容和动机强度。为对其进行深入认识,揭示其本质,仍要从考察其相关理论入手。在诸多行为机制理论当中,能直接有助于揭示动机本质的有驱力理论与自我效能理论。

(内)驱力是动机概念早期的称谓,指生命体由生理需求所引起的一种紧张状态。它能激发或驱动生命体实施行为以满足需求,消除紧张。以此概念为基础,动机驱力派学者建立了(内)驱力减少行为机制理论^[11]。该理论认为,生命体生存就必然有对生存资源的需求,需求产生(内)驱力;(内)驱力供给生命体以能量或力量,实施资源获取行为,满足需求;进而,(内)驱力减弱。

动机认识派学者以自我效能理论解释其行为机制^[12]。它认为,生命体不是被动,而是主动地进行行为选择的。它通过对行为结果和自身行为能力的认知评估产生行为期待,即自我效能感。自我效能感的高低,直接决定生命体行为动机强度水平。

从这两个理论可以看到,动机既包括对生存资源获取的认知评估,又含有由此产生的感知体验:(内)驱力、自我效能感(期待)。这种体验的本质是能量,其功能是驱动生命体实施行为,实现生存资源的获取。因此,动机具有情绪概念的特征要件。从而证明,动机是情绪;驱动情绪。

另外,动机、(内)驱力与情绪都遵守中等强度行为效率高的叶克斯-道森规律(Yerkes-Dodson Law)^[4,5],说明,它们是对同一概念在不同认识角度和程度条件下的称谓。

2.3 效用(主观价值)的情绪本质

效用一词是微观经济学的基本概念,整个微观经济学理论都是围绕该概念展开的。以劳动价值论中使用价值概念为基础,一般将效用分为客观效用和主观效用。前者为产品能够满足人们某种需求的自然属性,即客观使用价值;后者指人们在消费产品中感受到的满足程度,即主观使用价值,简称主观价值^[13]。客观效用用于宏观经济学分析,主观效用用于微观经济学。一般情况,效用概念即指主观效用。效用是购买和消费行为的动因、人们经济活动的基础。

为对效用概念进行揭示,获取其本质属性,将“产品”概念用“生存资源”概念替代,因为产品就是为满足生命生存需求而存在的。从上述对效用概念的阐述中可以看到:首先,效用必须经过认知评价,以确定生存资源是否满足生存需求及其满足程度,即客观价值;其二,效用具有主观体验“感觉”性,即主观价值。效用的主观性,主要就是反映其此项特性;其三,效用是行为的动因和目的。“感觉”驱动了人们的购买和消费行为的实现;人们对生存资源消费结果的体验即为效用“感知”。

另外,有学者提出了效用能量观,认为效用的本质是能量^[14]。

这样,效用概念所包含的含义与情绪概念完全相同。从而,可以得出结论:效用即是情绪。可以认为,它是在将生命简化为智能体,用智能性概念对情绪现象进行定义的结果,是当时人们在尚未形成相关情绪理论条件下对情绪现象进行的揭示。当情绪相关理论已经形成时,情绪即可“脱壳”于“效用”,还其“本来面目”。同时,情绪具有更多的种类,不同种类的情绪反映了生命体对于不同生存资源的需求和获取情况。而效用只有正负两种,不能在不同资源种类之间进行区分。所以,情绪较效用所含的信息量要大得多。其实,效用概念当初被提出时,即指情绪^[15];期望效用理论提出后,才使得该概念失去了情绪的色彩和内容。

另外,从生命体对信息感知的方式种类来分析,动机、(内)驱力、效用除情绪方式以外没有其它方式可以与其对应。

3 情绪图式函数建立

要实现将情绪机制运用于行为选择机制,就必须知道情绪与生存资源获取和损失之间的函数关系特性。根据上文对动机、(内)驱力、效用(主观价值)的情绪本质的揭示,及情绪感觉属性,可以获得情绪的基本函数特性。

3.1 感觉函数

从本文对于情绪的定义可以看到,情绪首先是一种感觉。那么,它必然遵循感觉强度的一般心理物理特性规律:幂定律^[16]。该定律描述感觉大小与不同刺激信息强度之间的关系:感觉强度与刺激信息强度的乘方函数成正比。即:

$$S = kI^b \quad (1)$$

式中, S 为感觉强度, I 为刺激信息强度, k 为常数, b 随感知种类不同而不同。当刺激信息有利于生命体或刺激信息数量范围级差较大时, $b < 1$ 。此时,感觉强度增长慢于刺激信息强度的增长,便于其接受。当刺激信息不利于生命体或刺激信息数量范围级差范围较小时, $b > 1$ 。感觉强度增长快于刺激信息强度的增长。该定律说明,生命体对于有害刺激较为敏感。这种感觉特性有利于生命体的生存。

将刺激信息具体化为生存资源得失认知评估信息,就可以确定情绪与认识之间的基本函数关系特性满足感觉函数特性。

3.2 效用函数

情绪的经济学概念即效用的特性可以提供有用的信息。效用有边际递减特性^[13]。该特性通过两个基本概念来阐述。总效用:指消费者在一定时间内消费某种产品所获得的效用总量(TU)。边际效用:指每追加一个消费单位所增加的总效用。效用理论的内容是:1)边际效用是总效用函数的导数,总

效用为边际效用函数的积分。2)总效用函数曲线以递减的速度递增,凹向横轴,具有正的斜率;边际效用函数曲线以递减的速度递减,凸向横轴,具有负的斜率。3)当边际效用为正时,总效用处于递增状态;当边际效用为0时,总效用达到最佳状态;当边际效用为负时,总效用处于递减状态。该理论说明,边际效用与需求的强度成正比,随消费数量的增大而减小,且只能为正值;边际效用是决定产品价值的主观标准。

将该理论中的消费者替换为生命体,产品替换为生存资源,消费替换为获取,效用替换为情绪,就可以得到情绪边际递减理论如下。

总情绪:生命体在一定时间内获得某种生存资源所体验的情绪总量(TE)。边际情绪:指每获得一个单位生存资源所体验的总情绪。于是有:1)边际情绪是总情绪函数的导数,总情绪为边际情绪函数的积分。2)总情绪函数曲线以递减的速度递增,凹向横轴,具有正的斜率;边际情绪函数曲线以递减的速度递减,凸向横轴,具有负性斜率。3)当边际情绪为正时,总情绪处于递增状态;当边际情绪为0时,总情绪达到最佳状态;当边际情绪为负时,总情绪处于递减状态。边际情绪与欲望的强度成正比,随着获得的生存资源数量的增大而减小,且只能为正值;边际情绪决定获得的生存资源所产生的体验强度。这样,边际情绪曲线与感觉函数式(1)在 $b < 1$ 时属性相同。

效用理论由于没能给出损失效用规律,因此不能给出资源损失的情绪规律。

3.3 动机和能量流动理论

动机唤醒理论认为,动机强度随同一种类的刺激重复次数的增多而降低^[5]。可以认为,同一刺激指等量同种生存资源的获取或者损失。于是,动机亦符合边际递减规律。

能量流动理论从能量角度对生命系统的行为进行了解释^[14]。任何生命系统都必须保持一定的能量水平,否则就会死亡。生命系统由于生命活动的能量消耗,而使能量降低到一定程度,即低于其环境系统能量水平时,两者之间的能级差就成为能量流动的动力。该动力驱使环境能量流入生命系统,并随着能级差的减小而减弱,直到两者平衡。即,生命系统与环境系统之间的能量流动遵循边际递减规律。一方能量的获取对于另一方就是能量的损失。这意味着能量损失亦遵循此规律。这样,情绪的能量本质属性就决定了其具有边际递减的属性特征。

3.4 行为图式函数

在微观经济学理论当中,效用的产生不仅与资源的需求本身有关,而且与生命体获取资源的能力相关。为此,学者们在数学期望原理的基础上,先后提出了期望值理论、期望效用理论、主观期望效用理论和前景理论;期望值理论因圣彼得堡悖论,(主观)期望效用理论因阿莱斯悖论和艾斯伯格悖论而被放弃^[17]。目前在经济学领域能为情绪模型的建立提供理论支持的就只有前景理论^[18]。

前景理论包括价值函数和权重函数。前者在效用函数基础上形成,将损失效用包含其中;并认为生命体对于损失更加敏感,这与感觉理论相符。权重函数在概率基础上产生。认为生命体对于小概率进行放大认知,中大概率进行缩小认知。当概率在0或1附近时,被认知为0或完全概率。

通过前面的论述知道,效用即是情绪。前景理论又将生

命体行为能力包含其中,从而成为情绪模型的基本构架。

本文将生命体情绪随其生存资源获取或损失情况而变化的函数关系称之为情绪图式函数。此种称谓为表明边际规律是生命体情绪变化的一般规律。情绪图式函数边际效益递减规律可以描述为:情绪关于获取,一阶导数大于0,二阶导数小于0;关于损失,一阶导数大于0,二阶导数大于0。根据情绪心理学家汤姆金斯(Tomkins)的论断^[4]:情绪是需求的放大感知,情绪图式函数应在获取区间大于对角线,在损失区间小于对角线。运用归一化原理,将该函数的自变量设定为:资源获取为 $[0,1]$,资源损失为 $[-1,0]$ 。在1附近,行为目标接近实现;在-1附近,行为接近完全失败。此时,情绪图式函数的一阶导数接近或等于0。即:

$$\begin{cases} f'(x) > 0, & 0 < x < 1 \\ f''(x) < 0, & 0 < x < 1 \\ f(x) > x, & 0 < x < 1 \\ f'(x) \ll 0, & x \ll 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} g'(y) > 0, & -1 < y < 0 \\ g''(y) < 0, & -1 < y < 0 \\ g(y) < y, & -1 < y < 0 \\ g'(y) \ll 0, & y \ll -1 \end{cases} \quad (3)$$

将权重函数称为能力图式函数,因为它表明生命体对其行为能力的评价。受数学期望思想的影响,原“权重”概念主要反映事件发生概率或者相对重要性。同时,还因为:能力是心理学概念,而概率和权重是数学概念。另外,根据情绪处在中等强度时生命体行为效率高的一般社会心理学结论^[19]可知,生命体低能力评价高,而高能力评价低的规律正是为了增加其处在中等强度情绪状态的几率,以提高行为效率,增强生存能力。

情绪图式函数与能力图式函数共同构成行为图式函数。由于在不确定环境条件下,人工生命体对其行为获取预期和实现能力的认知不同,使其行为选择不同。从而,行为图式函数的建立为解决自适应的行为选择和行为反应“失真”问题提供了途径。

上述情绪规律是生命体在其生命历程中,以遗传为基础,通过不断对其生存环境和生存能力的认知而逐渐形成并稳定下来的,并随其阅历的丰富而优化。根据认知图式理论可知^[1],图式是生命体知识表达的方式,知识的优化过程即是图式的同化和顺应过程。因此,将上述规律知识用“图式”概念来描述。将行为图式函数所涉及参数称为行为图式参数。此类参数随不同行为种类、不同生命个体及其不同生命历程而不同。因此,行为图式参数反映了不同行为种类及不同生命体之间行为的差异,描述了生命体的行为特征。

以“行为”替代“前景”,说明上述规律是生命体的一般行为特性,而不仅仅表现对未来的预期。

4 情绪理性原则

关于行为的理性问题,目前具有代表性的观点有两种:完全理性(实质理性、结果理性)和有限理性(认知理性、过程理性)。

完全理性观点认为,生命是“全知全能”的,即生命体对其所处环境的各种状态及不同状态对自己生存的意义都具有完全信息,并且在既定条件下具有选择使自己获得最大效用或

利润的意愿和能力^[20]。这就意味着:生命体具有可以确定的效用函数和一致性的偏好体系,选择结果对生命体而言具有描述不变性、程序不变性和前后关系独立性,具备完备的计算、推理和抗干扰能力,通过认知活动可以获得所有的备选行为及各项行为所产生的全部后果,实现效用最大化或最优目标能力,生存环境信息具有确定性^[21]。

可以看出,完全理性原则对生命体的智能水平进行了理想化假设,因此也经受不起实践的检验。首先,生命体受其生物属性的限制,进行智能活动的认知资源是有限的。所以,它无法完成具有“完全”和“完备”特征的智能活动。第二,受认知资源效率适应性配置机制的制约^[22],生命体采用启发式和推理两种思维方式^[23]。这样,就不能保证选择结果满足描述不变性、程序不变性和前后关系独立性要求^[24]。第三,生存环境处于相对变化之中,其相关信息具有“根本不确定性”^[25]。

因此,行为选择的有限理性原则被提了出来^[26]。该原则以“稻堆寻针”为典型比喻,描述了满意原则^[27]。即理性生命体企图找到足以缝衣服的针就可以了,而不是去寻找最锋利的针。即行为结果达到行为主体的主观预期(抱负水平)即可。该原则由于在实践中经受了实践的考验而被广泛接受,并有替代完全理性原则的趋势。

根据有限理性原则,生命体采用启发式思维所获得的行为,称为感性行为,采用推理机制所获得的行为,称为理性行为,即两者都是理性的^[23]。该原则经过泛化后,就变成只要行为是有原因的,就是理性的^[28]。这样,就产生了一个问题:如何定义非理性行为。即,在有限理性原则下,一切行为都是理性的,只是理性程度不同。然而,非理性行为客观上是存在的。否则,该概念就失去了存在的意义。同时,完全理性、有限理性对效用(抱负)水平的取值范围都没有进行明晰的规定。这就意味着,只要是最大效用或者达到某抱负水平,无论其正负,该效用(抱负)所对应的行为即受选。但是,根据前文有关情绪本质的阐述知道:效用和抱负是情绪的别称。而由情绪的能量本质可以揭示:当情绪为负时,生命体将不会作为。即:情绪(效用、抱负水平)必须为正,生命机体功率水平的提高是行为发生的前提。从而,提出行为选择的情绪理性原则。这样,将行为情绪为零或负值的行为称为非理性行为,反之,为理性行为。

根据该理性原则,生命体从事其不愿意从事的行为,即为非理性行为。这样,在进行行为选择时,不必再考虑具体认知过程,从而简化了行为理性的判断标准,为有限理性原则的实现寻找到了生物机制。同时,该理性原则也符合心理学有关情绪组织智能活动的基本原理。

5 情绪驱动的行为选择机制基本原理

情绪心理学虽然提出了生命体是通过情绪对智能活动进行组织的基本观点^[4],但未能提出具体的情绪行为组织机制理论。经济学家在情绪行为选择问题做了许多研究工作,提出了数种机制。首先产生的情绪行为选择机制就是期望情绪机制,即期望效用机制^[29]。但是,实际行为选择行为中表现的确定性效应、反射效应、分离效应的出现,暴露了该机制的不完善性^[30]。解决该问题有三个途径:一是完善能力函数(概率),另一个是完善情绪函数,第三,就是同时完善能力函

数和情绪函数。于是,将反馈情绪引入驱动情绪机制当中就成为完善情绪函数的一种必然的研究途径。由此,产生了后悔理论、失望理论以及同时将后悔和失望情绪进行整合的主观预期愉悦等理论^[30]。同时改变能力函数和情绪函数就形成了前景理论。

后悔、失望理论和主管预期预约理论都以不同方案之间及其不同方案不同结果之间相互影响为特点。这样,首先出现的问题就是,当有多个方案,每个方案又有多种结果时,上述反馈情绪体验计算将十分复杂,违反了生命体有限计算能力的基本假设^[31]。其二,反馈情绪是在结果出现时,生命体所体验到的情绪。在行为选择阶段,生命体无法体验它,因此不能作为选择情绪的依据。实际上,反馈情绪只能影响后续行为选择,不能影响已经实施完成的行为选择。所以,后悔和失望两者情绪属于两次选择之间的过渡情绪。对于未发生的事情,生命体无法即时体验它。这也是目前所有反馈情绪行为选择机制存在的共同问题。其三,在实际行为过程中,当生命体选择了某个行为方案后,其他方案所产生的结果就不是该生命体的行为结果,故不应与其相关。这样,上述相关影响机制缺乏实际发生行为的支持^[30]。

前景理论可以很好地解释期望情绪理论所存在的问题^[18],而且与期望情绪理论的差异只是情绪函数和能力函数的不同,且不必附加其他条件。故此,后者被普遍接受。本文提出的情绪行为选择机制就是以此为基础的。

但是,前景理论是由期望情绪理论发展而来,而后者又是根据数学期望原理建立的,所以就存在加和问题。数学期望是由不同概率的事件结果累加而来。事件之间是互斥关系。但是这种理论不适用于行为选择。某一行为结果的实施可能以不同概率产生不同结果,实际当中,只会有一种结果发生。各结果之间是互斥关系。当一个方案有数量超过一个同向结果或大于两个反向结果时,采用加和计算就意味着,一个方案的不同结果是分别在不同阶段以不同概率发生的。这样,彼此之间就是相容关系。这与数学期望原理的前提条件相违背。

另外,从数学意义上来说,数学期望在实际当中发生的概率为0,因此也不能作为选择依据。期望族选择理论是在找不到更好选择依据的条件下,不得不以它作为选择标准。但是,根据乐观选择原则,一个方案在可能结果同向时,只能以其某个最好结果的情绪强度来标识;当可能结果异向时,就以最大正情绪与最小负情绪之差来标识。根据此原则进行行为选择就不存在加和问题。前景理论的实验设计多是以某概率产生一个结果作为一个方案,实际上也遵守了乐观选择原则。所以,本文采用乐观原则建立情绪驱动的行为选择机制。

设人工生命体生存所需资源类型有 m 种,当前每种资源的拥有量为 x_i 。对于第 i 种资源,通过资源获取行为实施可能产生 n 种结果中的第 j 种结果 Δx_{ij} 。实现每种结果的行为能力为 p_{ij} ,它综合反映了行为主体的当前智能水平。需要消耗的资源为 k_i 种, $k_i < m$ 。于是,行为选择过程如下:

第 i 种资源获取的驱动情绪计算公式为:

$$Ed_{ij} = \sum [f_i(x_i + \Delta x_{ij}) - f_i(x_i)] * w(p_{ij}) \quad (4)$$

式中, f_i 为第 i 种资源获取情绪图式函数, w 为能力图式函数。

获取第 i 种资源可能导致损失的抑制情绪计算公式为:

$$Eh_{ij} = \sum [g_j(y_j - \Delta y_{ij}) - g_j(y_j)] * w(1 - p_{ij}) \quad (5)$$

式中, Δy_{ij} 为获取第 i 种资源、资源 j 的消耗量, g_j 为第 j 种资

源的损耗情绪图式函数。

行为情绪公式为:

$$Eb_k = \max\{Ed_{ij} + Eh_{ij}\} \quad (6)$$

行为选择原则:

$$Eb_k \geq \beta \cdot Er \quad (7)$$

式中, Er 为情绪分辨率,定义情绪分辨率为生命体所能体验到的最小情绪强度; $k \in N$ 为系数,描述生命体的风险意识。对于风险偏好者,该值较小,对于风险规避者,该值较大。若行为情绪大于等于情绪阈值 (kEr),实施行为;否则,无作为。

至此,情绪驱动的情绪选择机制的理论基础原理得以建立。

结束语 基于该基本理论原理,首先进行了阿莱斯悖论、交换悖论、圣彼得堡悖论的情绪机制消解^[32],初步验证了上述原理的正确性。进而,建立情绪驱动的竞争型^[33]、合作型行为选择机制^[34]和战斗行为选择机制^[35],并在人工生命仿真平台 Swarm 上设计仿真实验,对上述原理进行了深入验证。这些工作为解决在不确定环境条件下自主行为选择机制的实现奠定了一定的理论基础。

参 考 文 献

- [1] 邵桂芳. 基于动觉智能图式的人工生命体行为及其选择与进化研究[D]. 重庆:重庆大学,2007
- [2] 张迎辉,林学圃. 情感可以计算——情感计算综述[J]. 计算机科学,2008,35(5):5-8
- [3] 张国锋. 情绪驱动的人工生命行为选择机制研究[D]. 重庆:重庆大学,2009
- [4] 孟昭兰. 情绪心理学[M]. 北京:北京师范大学出版社,2005
- [5] 彭聃龄. 普通心理学[M]. 北京:北京师范大学出版社,2001
- [6] 达尔文. 人类和动物的表情[M]. 周邦立,译. 北京:科学出版社,1958
- [7] James W. Psychology [M]. Cambridge, MA: Harvard University Press,1980
- [8] Duffy E. Motivation and Behaviour [M]. New York: Wiley,1962
- [9] Lazarus R. Emotion and Adaptation [M]. New York: Oxford University Press,1991
- [10] Pintrich P R, Schunk D H. Motivation in Education: Theory, Research, and Applications [M]. Eaglewood Cliffs: Prentice-Hall,1996
- [11] Hull C L. Principles of Behavior: An Introduction to Behavior Theory Concerning the Individual Organism [M]. New Haven, CT: Yale University Press,1943
- [12] Bandura A. Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change [J]. Psychological Review,1977,84:191-215
- [13] 黎诣远. 西方经济学[M]. 北京:高等教育出版社,1999
- [14] 李玉海. 价值动力论[M]. 太原:山西科学技术出版社,2006
- [15] Bernoulli D. Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk[J]. Econometrica,1954,22:23-26
- [16] Stevens S S. The Psychophysics of Sensory Function [J]. American Scientist,1960,48:223-254
- [17] 李心丹. 行为金融学:理论及其与中国的证据[M]. 上海:上海三联书店,2004
- [18] Kahneman D, Tversky A. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk [J]. Econometrica,1977,47(2):263-292
- [19] Welford A T. Man under Stress [J]. Electroencephalography and Clinical Neuro-physiology,1975,38(6):667-668
- [20] 袁艺,茅宁. 从经济理性到有限理性:经济学研究理性假设的演

变[J]. 经济学家, 2007, 18(2): 21-26

- [21] 柴盈, 何自力. 当现代经济学的理性假设[J]. 安徽大学学报: 哲学社会科学版, 2007, 31(2): 131-137
- [22] 张荣楠. 从有限理性到适应性理性[J]. 经济社会体制比较, 2004, 116(2): 79-84
- [23] Kahneman D. Maps of Bounded Rationality; a Perspective on Intuitive Judgment and Choice [R]. Prize Lecture, December 2002
- [24] Tversky A. Contrasting Rational and Psychological Principles of Choice [M] // Richard J. Zeckhauser, Ralph L. Keeney, and James K. Sebenius, eds. Wise Choices: Decisions, Games, and Negotiations. Harvard: Harvard Business School Press, 1996: 5-21
- [25] 杨小凯. 不完全信息与有限理性的差别[J]. 开放时代, 2002, 21(03): 76-81
- [26] Simon H A. Bounded Rationality in Social Science: Today and Tomorrow [J]. Mind & Society, 2000, 1(1): 25-39
- [27] 赫伯特·西蒙. 管理行为-管理组织决策过程的研究[M]. 北京: 北京经济学院出版社, 1988
- [28] Lupia, Arthur, McCubbins M D, et al. Beyond Rationality: Rea-

- son and the Study of Politics [M] // Arthur Lupia, Mathew D. McCubbins, and Samuel L. Popkin, eds. Elements of Reason: Cognition, Choice and the Bounds of Rationality. New York: Cambridge University Press, 2000: 1-20
- [29] Stigler S M. The history of statistics; The measurement of uncertainty before 1900 [M]. Cambridge, MA: Belknap Press, 1986
- [30] 仪伟林. 中国证券市场价格波动: 基于投资者情结与决策理论的研究 [D]. 南京: 河海大学, 2006
- [31] 张学军. 决策者有限理性的心理根源探析[J]. 电子科技大学学报: 社科版, 2008, 10(3): 64-67
- [32] 吴力专, 张国锋. 悖论问题情绪机制消解[J]. 安徽大学学报: 哲学社会科学版, 2008, 32(5): 46-50
- [33] 张国锋, 李祖枢. 基于情绪的人工生命行为选择机制研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(6): 1701-1705, 1709
- [34] 张国锋, 李祖枢. 基于情绪的人工生命合作型行为选择机制研究[J]. 信息与控制, 2009, 38(6): 718-723
- [35] 张国锋, 李祖枢. 战斗行为情绪机制[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(18): 28-31

(上接第 235 页)

4) 系统资源, 描述 PLM 中所需的各种资源, 包括仿真资源、真实资源、专家资源、信息资源以及其他支持工具集等。

5) 人机交互系统, 采用 B/S 结构进行设计部署, 将 Web 浏览器作为用户与系统交互的界面, 少量逻辑处理在前端实现, 主要逻辑处理在服务器端实现, 并且允许用户对异构平台服务器中的信息进行访问。

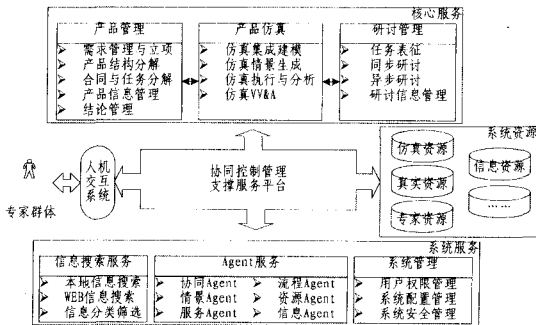


图 5 系统实现框架

本框架采用 Web 服务方式和 XML 统一表达方式, 按 B/S 体系结构提供服务, 能够适应环境和主题变化, 具有自学习能力, 能及时更新模型工具, 具有良好的可扩展性。在操作方式、运行环境需做某些变更时, 本框架具有一定的适应能力, 并且由于采用 Web 服务方式, 可以在不影响系统正常运行的前提下新增、修改、删除服务和资源, 从而降低系统功能耦合性的要求, 提高操作的灵活性。

结束语 随着产品的复杂化, 服务于 PLM 的建模仿真对环境变化和突发事件适应能力的要求越来越高。本文将与仿真系统平等和并行发展的真实系统纳入建模范围, 真实系统的进展情况和原始产品的需求变化作为仿真系统变化的诱因, 利用仿真情景驱动仿真的执行。在此思路指导下, 建立以情景为驱动的分层模型结构, 将真实系统对仿真系统的影响细化为工作域和仿真尺度的变化, 通过仿真情景描述这种变化并驱动仿真执行, 动态地生成不同尺度的仿真流程, 并根据仿真需求动态选择和组合仿真模型, 从而提高仿真系统对环境变化的适应性, 以便为产品全生命周期管理的综合决策提供有效支持。

参 考 文 献

- [1] Stark J. Product Lifecycle Management; 21st Century Paradigm for Product Realisation [M]. Berlin: Springer Verlag, 2005
- [2] 韩守鹏, 邱晓刚, 黄柯棣. 动态数据驱动的适应性建模与仿真 [J]. 系统仿真学报, 2006, 18(2): 147-151
- [3] 周云, 黄柯棣, 胡德文. 动态数据驱动应用系统的概念研究 [J]. 系统仿真学报, 2009, 21(8): 2138-2141
- [4] Kasputis S, Ng H C. Composable Simulations [C] // Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. New York: ACM Press, 2000: 1577-1584
- [5] Timpf S. Map Cube Model-a Model for Multi-scale Data [C] // Proceedings of 8th International Symposium on Spatial Data Handling. Vancouver: International Geographical Union, 1998: 190-201
- [6] Zeigler B P, Luh C J, Kim T G. Model Base Management for Multifaceted Systems [J]. ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS), 1991, 1(3): 195-218
- [7] Kornman B D, Marion P B. Cross-Model Consistency in JSIMS [R]. Norfolk: Lockheed Martin Information Systems Advanced Simulation Laboratory, 1998
- [8] Van Der Aalst W, Ter Hofstede A. Verification of Workflow Task Structures: A Petri-net-based Approach [J]. Information Systems, 2000, 25(1): 43-69
- [9] Van der Aalst W, Dumas M, Ter Hofstede A. Web Service Composition Languages: Old Wine in New Bottles? [C] // Proceedings of 29th Euromicro Conference. IEEE Computer Society Press, 2003: 298-307
- [10] Held M, Blochinger W. Structured Collaborative Workflow Design [J]. Future Generation Computer Systems, 2009, 25(6): 638-653
- [11] Seungchul H, Hyo-Won S. A Timed Colored Petri Nets Modeling For Dynamic Workflow In Product Development Process [J]. Computers in Industry, 2008, 59(2/3): 193-209
- [12] Berardi D, Calvanese D, De Giacomo G, et al. Automatic Service Composition Based on Behavioral Descriptions [J]. International Journal of Cooperative Information Systems, 2005, 14(4): 333-376
- [13] Salaun G, Bordeaux L, Schaerf M. Describing and Reasoning on Web Services Using Process Algebra [J]. International Journal of Business Process Integration and Management, 2006, 1(2): 116-128