

人工生命:计算机与生物学交叉的前沿学科^{*} 1)

卢欣华 孙吉贵 韩霄松 行 荣

(吉林大学计算机科学与技术学院符号计算与知识工程教育部重点实验室 长春 130012)

摘 要 人工生命是具有生命特征的人工系统,是探索生命复杂性的一门新兴交叉性前沿学科。它试图在计算机或其他人工媒介上,以综合的方法研究具有生命本质特征的复杂系统的动态发展过程。本文详细介绍了人工生命的概念、产生过程、发展历史、基本思想以及目前主要的研究方向,指出人工生命为人们揭示自然生命的最本质特征和演化的最基本规律提供了新思路和新方法。

关键词 人工生命,细胞自动机,生命科学,突现

Artificial Life: Front Porch Subject Crossed Computer and Biology

LU Xin-hua SUN Ji-gui HAN Xiao-song XING Rong

(Key Laboratory of Symbolic Computation and Knowledge Engineering of Ministry of Education College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract Artificial Life (ALife) is a kind of artificial system which behaves like a natural life, and it's a new crossing front porch subject with the goal of exploring life complexity. ALife attempts to research life with the complex nature of the dynamic development process with integrated approaches on computer or other manual media. In this paper, ALife's concept, birth background, development history, basic ideas and main research directions at present are introduced in detail, and it indicates that ALife provides new ideas and methods to reveal the most essential characteristics of nature life's and the basic rules of evolution.

Keywords Artificial life (ALife), Cell automata (CA), Life sciences, Emergence

1 引言

人们对生命科学研究已有很长的历史,并且一直以来都把以碳水化合物为基础的生命作为研究对象,因为地球上仅存在着这样一种生命形式。传统上是生物科学为手段来研究生命的组织结构和进化发展,并已经取得了令人瞩目的成就,例如遗传密码的破译、DNA结构的发现、人工合成蛋白质、克隆技术无性繁殖产生新生命等等。从近代开始,人们就试图用机械的方式创造生命。1735年,一位名叫雅克·沃肯森的人曾经制造了一只人造鸭子,不仅看上去像鸭子,而且能像鸭子一样在水面上拍打翅膀、叫、吃食、饮水、消化,甚至能排泄出一粒粒人造食物。虽然如此,但是在生命的本质还没有得到充分了解以及人们的制造技术还很落后的情况下,人们能创造的,充其量只是类似迪斯尼公园里的一些古怪的生命模拟物而已^[1]。然而,从20世纪中叶开始,随着生命科学和计算机技术、人工智能技术的崛起,为我们提供了全新的理论和工具,许多科学家尝试以计算机等非蛋白质的媒体来研究生命体,探索生命发展与进化的机理,从而揭开了对人工生命研究的序幕。

1975年,Holland经过仔细地思考与研究,在他的名著——“自然与人工系统中的适应性”中提出了两个重要的思想:

1)信息同样是需要进化的。

一些信息是有用的,仅仅是因为它们可以适应所面临的环境。对环境而言,信息之间是竞争的,并满足优胜劣汰的原则。

2)信息可以使用类似基因的方式进行编码,当信息繁殖时,子孙将具有双亲的特征。

Holland强调智能体对环境的实时适应和真实感知,遵循“适者生存”的原则,并指出人工生命并不以真实模拟地球上已知的碳水化合物构成的生命形式为目标,它的信条是:生命并不存在于单个物质中,而是存在于物质的组合之中;生命行为从大量简单的物质的相互作用中自上而下地突现出来,这意味着构成生命的物质本身并不重要。因此生命系统的实现形式有多种,除了我们已知的碳水化合物的形式,还可以是物理的、符号的、化学的以及程序的形式等等,既可以生存于真实的物理环境,也可以生存于真实的软件环境,或者某种模拟环境,无论何种形式的生命都应该具有共同的基本特征。

Holland这个进化的思想就是著名的遗传算法,它暗示了生命对世界的理解这类智能行为是与生命对环境的适应密切相关的,这深深地影响了人工生命的研究。

2 人工生命的产生

美国 Santa Fe Institute(SFI,桑塔菲研究院)的 Chris Langton 教授于1987年提出了人工生命(Artificial Life, ALife 或 AL)的概念,并在他的老师 J. Doynne Farmer 的支持下,同年在美国召开了第一次“人工生命”研究会,这个研究会

^{*}国家自然科学基金重大项目(No. 60496321);国家自然科学基金(No. 60473003);教育部高等学校博士学科点专项科研基金(No. 20050183065);吉林省科技发展计划重大基金项目(No. 20040526);吉林省杰出青年基金资助项目(No. 20030107)。卢欣华 博士生,主要研究人工生命、人工智能;孙吉贵 教授,博士生导师,主要研究人工生命、人工智能。

以后成为人工生命研究的主要会议。

人工生命至今没有完全一致的定义,普遍认可的是:其行为具有我们通常所认为的基本的生命特征的某种系统。基本的生命特征一般应包括自我繁衍(self-reproduction)、进化(evolution)以及自组织(self-organization)等^[2]。

人工生命虽然诞生于 20 世纪 80 年代末,但是智慧的种子可以追溯到 Alan Turing 和 John Von Neumann^[3]。Turing 是人工科学的第一个先驱。他在 1952 年发表了一篇蕴意深刻的论形态发生(生物学形态发育)的数学论文。在这篇论文中,他提出了一些人工生命的萌芽思想,证明了相对简单的化学过程可以从均质组织产生出新秩序,两种或更多的化学物质以不同的速率扩散可以产生不同密度的“波纹”。若是在一个胚胎或生长的有机体中,很可能产生重复的结构,如分节、叶芽等。在一维、二维或三维中扩散波纹将产生有序的细胞分化^[4]。Turing 强调,进一步发展他的思想需要更好的计算机,所以他的论文尽管对分析生物学是一个重大的贡献,但并没有立刻成为一门计算学科的人工生命^[3]。

Von Neumann 也是人工科学的先驱,他在数字计算机设计和人工智能领域做了很多开创性的工作^[3]。和 Turing 一样,Von Neumann 试图用数学和逻辑的方法揭示生命的最本质基础,试图依靠计算机编程描述生物自我繁殖的逻辑形式。Von Neumann 意识到任何能够进行自我繁殖的遗传物质,无论是天然的还是人工的,都必须具备以下两个基本功能:存在一个在繁衍下一代过程中可运行的算法,相当于计算机程序;还有就是能够复制和传到下一代的描述,相当于被加工的数据。于是 Von Neumann 提出了细胞自动机(Cellular Automata, CA)的设想,并最终证明了的确存在能自我繁殖的细胞自动机,但其结构相当复杂。这表明,一旦把自我繁衍看成是生命独有的特征,机器也能做到^[5]。

Von Neumann 的人工生命观念,与 Turing 关于形态发生的观念一样,被研究者忽视了许多年,因为探讨这些思想的进一步含义需要相当的计算能力,而当时的计算机水平还处于原始阶段,无法帮助两位大师进一步发展他们的思想。二者的理论尽管对生物科学做出了重大贡献,但并没有产生人工生命这一学科。

Von Neumann 未完成的研究,在他去世多年后由 John Conway, Stephen Wolfram 和 Chris Langton 等进一步发展。John Conway 在 1970 年编制了一个名为“生命”的游戏程序,该程序由几条简单的规则控制,如一个死的细胞如果恰有 3 个活的邻居,则这个死细胞可以复活等等。这几条简单规则的组合却使运行结果产生了无法预测的延伸、变形和停止等复杂的模式。这一特点吸引了大批计算机科学家,最终证明给定适当的初始条件,CA 可以模拟任何一种计算机^[5,6]。1984 年,Stephen Wolfram 对 CA 做了全面的研究,并把 CA 分成四种类型:类型 I, CA 演化到一个均质的状态;类型 II, CA 演化到周期性循环的模式;类型 III, CA 的行为变成混沌,没有明显的周期性呈现,并且后续的模式表现为随机的,随着时间的变化,没有内在的或持续的结构;类型 IV, CA 的行为呈现出没有明显周期的复杂模式,但是展现出局域化的和持续的结构,特别是其中有些结构具有通过 CA 的网格传播的能力^[4,7]。前两种类型在生物学模式中普遍存在;类型 III 虽然有很多模式,但是并没有突现的行为;类型 IV,我们发现了突现的行为:从纯粹局部相互作用的规则中涌现出秩序,也就是进化的产生^[3]。

正在读研究生的 Langton 对生命游戏也非常感兴趣,为什么有些 CA 能产生有意义的结构,而另外一些不行呢? Langton 定义了一个参数 λ 作为 CA 活动性的一个测量,越高 CA 转化为活的状态概率就越高。Langton 利用不同的 λ 值做的实验表明,Wolfram 定义的四种 CA 全部落在 λ 的一些特定范围内(表 1)。也就是说,当细胞活动水平低时,CA 趋向于一个稳定的模式;如果活动水平高,无组织、混沌的行为就会发生;只有活动水平处在适当时候,才会产生新的模式或秩序。类型 II 和类型 IV 的区别在于类型 IV 结构可以通过网格传播。Langton 把类型 IV 看作是类型 II 的发展,也表达了部分发展了的混沌行为,成为处于“混沌边缘”的 CA。在混沌的边缘,有足够的稳定性来储存信息,有足够的流动性来传递信息,这种稳定性和流动性使得计算成为可能。在这个基础上,Langton 做了一个大胆的假设,认为生命就是起源于混沌的边缘。Langton 也意识到,不能将目光拘泥到已知的生命形式上,具备了繁衍、进化、生长、死亡等特征的人造系统也应该看成是一种生命形式。

表 1 λ 值确定的 CA 分布

λ 下限	λ 上限	发生的 CA
0.0	0.2	类型 I
0.2	0.4	类型 II, 类型 IV
0.4	1.0	类型 III

为了能够用计算机进一步探索生命的规律,Langton 认识到应该有一门专门的研究领域或学科来做这方面的工作,这个新的研究领域或学科,Langton 命名为“人工生命”^[8]。

3 人工生命研究的进展

人工生命的概念提出后,到现在近 20 年的历史,受到了越来越多的关注,而且包括计算机科学、生物科学、哲学在内的诸多领域的专家学者,人工生命的研究领域的地位已被国际学术界承认。其中,研究最活跃的是美国、欧洲和日本,1994 年麻省理工学院(MIT)出版了现在该领域内的权威刊物《人工生命》(Artificial Life)。1987 年第一次人工生命研究会召开以来,每两年召开一次,至今已经举办了 10 次里程碑式的国际学术会议,这 10 次会议是人工生命发展的重要里程碑。我们对其中几次重要的会议作一概要介绍。

人工生命:1987 年 9 月在美国新墨西哥州洛斯阿拉莫斯举行,这次会议主要是 Langton 宣读了题为“人工生命”的论文,提出了人工生命的概念并讨论了其存在和发展的意义。这次会议标志了人工生命研究领域的诞生。

人工生命 III:1992 年 6 月在美国新墨西哥州的圣菲举行,John Koze 发表的“自我复制的自发突现与进化的自改进计算机程序”,指出计算机程序具有自发突现、自我繁殖、自我进化等能力,探讨了在人工生命中具有重要意义突现机理^[9]。

人工生命 V:1996 年 5 月在日本奈良举行,这次会议在日本的召开,标志着日本成为亚洲人工生命研究的中心。

人工生命 VI:1998 年 5 月在美国洛杉矶加利福尼亚大学举行,这次会议的主要论文涉及的是计算的分子和细胞生物学,提出了许多新的关于发育过程、细胞分化机理和免疫反应模型制造的新见解,把人工生命扩展到了令人兴奋的新方向。

人工生命 VIII:2002 年 12 月在澳大利亚悉尼举行,主要

讨论:生命的起源、自组织和自复制;发育与分化;进化和适应动力学;机器人和自主 Agents 问题;通讯、协作和集体行为;人工生命技术和方法的应用;人工生命的仿真与综合工具和方法论。

人工生命 IX:2004 年 6 月在美国波士顿举行,主要内容是机器人展示,并邀请 Wolfram 做了题为“一门新的科学和人工生命的未来”的演讲。

人工生命 X:2006 年 6 月在美国印地安那布卢明顿举行,主要内容是庆祝大会 20 周年,认知的发展和表达、计算生物学、复杂性系统和网络,以及一些公开问题的成就。

我国学者接触人工生命这一领域比较晚。1997 年 8 月,由中科院系统科学研究所、自动化研究所和华中理工大学图像识别与人工智能研究所在北京共同举办了国内第一个“人工生命与进化机器人”研讨班。该活动邀请了 10 位国内外专家做了 15 个专题演讲,并就“人工生命与复杂性”、“进化机器人”两个专题展开研讨,为吸引更多中国学者关注、了解和投入人工生命研究领域起到了重要作用。这次会议成为国内研究人工生命的正式起点。2002 年 10 月,由中国人工智能学会举办的国内第一届“人工生命及其应用”专题学术会议在北京召开。2004 年 7 月,中日人工生命会议在北京科技大学举行。2005 年 9 月,中国人工智能学会举办了第二届人工生命研讨会。国内关于人工生命的研究比国外整整晚了 10 年,要跟上国际的步伐还需要我们很大的努力。

4 人工生命的基本思想

在 1987 年人工生命的首届国际研讨会上,Langton 指出“人工生命就是尽力模仿进化”。他的老师进一步解释道:人工生命类似人工智能,区别仅在于人工生命是用计算机来模拟进化的基本生物机制和生命本身,而人工智能是用计算机来模拟思维过程。

人工生命研究的基本思想是:

1)生命的本质在于形式而不在于具体的物质^[3]。

生物体的“生命力”存在于分子的组织之中,而不是存在于分子本身。生命是一种行为,而不是一种事物。它是由简单的行为组成,而不是由简单的事物组成。因此可以忽略物质,从中抽象出控制生命的逻辑。如果能够在另外一种物质中获得相同的逻辑,就可以创造出不同材料的另外一种生命^[6]。因此,从根本上说生命与具体的物质无关。

2)涌现(或称突现)是生命的突出特征^[3]。

涌现是指在复杂的形态中许多相对简单的单元彼此相互作用时产生出来的引人注目的新的整体特性,这些特性事先是不可预言的。地球上的生命正是经历了无数次的涌现才进化到今天。在人工生命中,系统的表现型(指系统的整体涌现行为)不能从它的基因型(系统运作的简单规则)中推导出来。

3)生命可能不仅只是类似于计算机,生命根本就是一种算法^[6]。

可以认为,整个自然界是按算法构成的和按算法演化的,只不过不同事物的算法复杂程度不同。生命是最复杂的自然现象之一,是自然界进化的最高代表,因此有理由猜测:从虚无到存在、从无机物到有机物、从非生命到生命、从感受到意识、思维,或许整个世界的进化过程就是一个计算复杂性不断增长的过程。生命系统作为自然界中最复杂、最有特色的系统,它也就是形形色色的自然计算机中的一种。

4) 人工生命所用的研究方法是综合集成的方法^[3]。

人工生命系统中采用将简单的零部件组合在一起使之产生似生命行为的方法,即综合集成的方法来研究生命,试图在计算机或其它媒介中合成似生命的过程和行为。而传统的生物学中是用分析解剖现有生命的物种、生物体、器官、细胞、细胞器的方法来理解生命的,强调根据生命的最小部分来分析并解释生命。

5 人工生命的研究内容

当前国际上关于广义人工生命主要有工程技术领域的和生物工程领域的研究,主要包括细胞自动机、数字生命、数字社会、数字生态环境、人工脑、进化机器人、虚拟生物、演化算法、克隆技术、转基因技术等几个方面。我们在这里所提到的人工生命主要是指在数字世界中创造的虚拟版本的人工生命和在现实世界中创造的机器人版本的人工生命。

5.1 虚拟生物

将人工生命原理与高级计算机技术相结合,可以创造出形态各异的虚拟生物,通过观察个体与群体、环境之间的交互作用,以及改变遗传编码的组合,来研究生命的某些机理。

例如,曾因《自私的基因》而名扬天下的牛津大学著名生物学家 Richard Dawkins 在第一届人工生命国际研讨会上,演示了他的“虚拟生物”,用反复对一个初始模拟生物形态使用若干简单的规则的方法居然在计算机上描绘出与真实生物界惊人相似的生命演化和灭绝的过程^[3]。这个程序是为了说明基因的随机突变和自然界的选择机制共同作用对于生物进化的意义而特意编写的。所有形形色色的虚拟生物和它们的演化过程都是通过通过对祖先生物应用几条简单的规则产生的。

5.2 进化机器人

传统的机器人采用层次化设计方法,即把问题分割成几个功能单元:感觉、知觉、建模、确定行动方案、执行任务、马达控制等等。这种设计方法使机器人只能在特定的条件下发挥作用,适应环境的能力极其有限。进化机器人的出现在机器人领域是一个具有里程碑意义的重大突破,它首次实现了将自然界的进化规律融入机器人设计中,结合了进化计算方法和自动制造技术,将人工生命与移动机器人结合,可以提高机器人的自学习、自适应、自进化能力,提高机器人的智能,创造了物竞天择的达尔文式的机器人制造法。

5.3 计算机动画制作

中国青年学者涂晓媛博士研究开发了新一代的计算机动画“人工鱼”,被学术界称之为“晓媛的鱼”^[10],为国内的计算机动画开发者提供了新的思路。

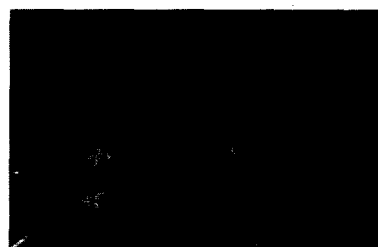


图 1 多彩的虚拟海底世界

“人工鱼”是基于生物物理和智能行为模型的计算机动画新技术,是在虚拟海洋中活动的人工鱼社会群体(图 1)。“人工鱼”不同于一般的计算机“动画鱼”之处在于:“人工鱼”具有“人工生命”的特征,具有“自然鱼”的某些生命特征,如意图、习性、感知、动作、行为等,具有某些自然鱼的“活”性。从计算

机动画创作的观点,也可以说,“人工鱼”是新一代的计算机动画。在一般的计算机动画中,创作者需要在动画设计和程序编制中确定动画的所有动作的细节,预先知道动画的全部动作过程。然而,人工鱼的创作者并不去设计和规定每条鱼的动作和行为的细节,也不能预知人工鱼群中可能发生的各种具体动作和实际行为。



图2 一条可怜的鱼被钓出水面

涂晓媛的每条“人工鱼”都是一个自主的智能体,都可以独立地活动,也可以相互交往。每条鱼都表现出某些人工生命的特征,如自激发、自学习、自适应等,所以会产生相应的智能行为,如因饥饿而激发寻食、进食行为;能学习其他鱼被鱼钩钓住的教训,而不去吞食有钩的鱼饵(图2);能适应有鲨鱼的社会环境,逃避被捕食的危险等。人工鱼群的社会具有某些自组织能力 and 智能集群行为。如:人工鱼群体在漫游中遇到障碍物等,会识别障碍改变队形,绕过障碍后,又重组队列,继续前进。因此,“晓媛的鱼”是一种基于智能主体的分布式人工智能系统,它利用人工生命的思想开发出具有自学习、自组织能力的人工智能体。

5.4 群集智能

人工生命与计算机仿真有着千丝万缕的联系,将生物学领域的知识融入计算机领域碰撞出了让人为之振奋的学术火花。智能仿生类算法主要是模拟生物进化和生物群体的智能化方法,如人工神经网络、遗传算法、DNA分子算法、蚂蚁算法等。我们用计算机仿真的方法来模拟动物的群集行为,一方面可以对动物的行为进行更好的了解;另一方面这种仿真模型和算法本身可以独立存在,它是一种简单而抽象的过程。把这种过程应用到动物的身上就产生了动物的群体行为,而应用到软件上就有可能赋予软件某种智能属性,这种智能属性就是群集智能^[4]。

人工生命群集仿真模型大量涌现,如人工鱼群、人工鸟群以及蚂蚁群体的仿真都属于这一领域的研究范畴。这些群集智能模型强调一种自下而上的突现行为,与传统的计算机模型相比具有以下特点:个体之间的相互作用具有非线性特点,整体行为具有灵活适应性,系统不需要外界干预,具有自组织特性以及系统的行为的不可预知性。其中,个体之间的相互作用具有非线性特点保证了其它特征的实现。所谓非线性就是说,构成系统的各个部分的特性无法通过简单的加和构成系统整体的特性^[3]。一只蝴蝶飞来飞去,两只蝴蝶双宿双飞,一群蝴蝶会飞到哪里呢?这就是非线性的直观体现,确切地讲就是整体行为特征无法从个体行为规律推测出来。

5.5 虚拟细胞

虚拟细胞又称电子细胞^[11,12],它的出现具有重要的现实

意义。建立正常和病理的虚拟细胞模型,不仅可以虚拟细胞的发生、活动和调节的生理机制,而且可以了解和揭示疾病发病过程,寻找有效致病分子和标记分子,进行疾病的预警诊断,提出防治和干预措施,设计和试验新药物。虚拟细胞以其生动和可视化的表现形式代替和辅助传统医学生物学实验,可以生动、直观、透彻、逼真地重现细胞生命活动的各环节。采用虚拟细胞可辅助真实细胞进行各种科学研究,可实现实际实验中很难实现的条件,预测试验的结果,发现一些在真实细胞实验很难观察到的现象和规律,再加以验证。可以设定各种复杂的实验条件,进行全方面的干预、简化实验操作、节约实验材料和时间。另外,应用虚拟细胞,可以观察环境因素对人体的影响及其作用途径,提出防治措施;应用虚拟细胞可以虚拟生物对能量的摄取和利用,指导能源的有效利用和开发;通过虚拟细胞可以模拟营养、药物、毒物对细胞的作用,避免对人和生物的直接作用所产生的不良后果;可以虚拟和模拟基因和蛋白质的结构,预测基因和蛋白质的功能。

目前国外有很多较成熟的电子细胞模型。最早的是日本Keio大学Masaru Tomita教授等人设计的原核细胞能量代谢模型E-CELL^[13]。E-CELL是一个反映细胞内生物化学反应的模型及仿真环境,它对细胞内与代谢过程密切相关的物质与能量建立了数学模型。它以原核生物支原体(目前已知拥有最小的染色体)中与糖代谢有关的127个基因为对象,成功模拟了细胞内基因转录与翻译、能量产生及消耗、糖与磷脂的合成和代谢等生化机制。用户通过计算机的模拟,能够观察到蛋白质、蛋白质复合物及细胞内其它化学反应物的浓度变化^[14]。

另一个较成熟的模型是美国康涅狄格州州立大学Leslie M. Loew和James C. Schaff等学者设计的真核细胞钙转运模型Virtual Cell^[15]。Virtual Cell是一个用户可以自定义细胞组成结构和内部动力学模型的虚拟细胞应用演示软件。利用该虚拟细胞可以完成离子通道的钙离子流、RNA的转运、线粒体的作用和细胞核膜的作用等一系列关于真核细胞的生物学活动和功能^[14]。Virtual Cell与E-CELL的不同之处除了以真核细胞为研究基础之外,还在于它通过简单的彩色图形模拟钙离子流的移动过程,可以对细胞进行结构学和形态学上的研究。

还有一个较成熟的模型是由美国印第安那大学化学系的Peter J. Ortoleva教授等人开发的一套模拟细胞对外界刺激反应、物质运输及基因组变化的虚拟细胞模型CyberCell。该模型阐明了细胞核、线粒体等特定功能区域的生化过程及它们之间的物质运输过程^[16]。CyberCell主要应用于药物的研发与治疗手段的优化、细胞基础理论研究和生命起源的探索等方面。

目前国内第一个虚拟细胞模型是吉林大学学者开发研制的模拟细胞基因表达过程的电子细胞模型Analog-Cell^[14,17]。它成功模拟了DNA序列转录得到mRNA,mRNA翻译得到相应多肽链这一基因表达过程,该多肽链是各种酶或其它调控因子的前体蛋白质,它将会最终影响整个细胞的活动。Analog-Cell的优势在于含有丰富的细胞活动影像,并且模拟了其它模型所没有的基因表达调控规则和基因突变。

5.6 数字生命

数字生命是人工生命的一种重要形式,主要是采取软件的形式在计算机中产生展示生命的人工生命实体。人们先后开发了计算机病毒、Tierra世界、Avida世界、“阿米巴世界”等

数字生命模型。

自然界中的生命形式都可以通过繁殖以延续本种族的发 展,可以通过新陈代谢与周围环境进行物质交换以及信息交 换,同时可以在自然界残酷的优胜劣汰的游戏规则中不断进 化,并在适应环境的同时影响环境。数字生命也拥有同样的 规则。以 Tierra 世界为例,它是由一个生物学家编写的模 型。首先,将一个只有自我复制功能的小程序作为祖先生物 置于以虚拟计算机形式存在的 Tierra 硅环境中,这个环境用 内存空间模拟自然界的空间资源,用 CPU 时间模拟自然界的 食物资源。程序开始运行时,空间中充满了祖先生物的副本, 这些副本在这个模拟出来的硅环境中开始变异,产生各种各 样的数字生命。

5.7 数字社会

数字社会是一个新兴的人工生命领域,主要思路是在计算 机中模拟人类社会的个体:人。计算机中模拟出的人的模型被 称为智能 Agent,每个 Agent 都可以独立决策,可以通过学习适 应周围环境的变化。让这些智能的 Agent 个体在计算机中按 照确定规则互相影响并按规定行为动作,最后研究人员观察 Agent 的总体所突现出来的整体特性和行为模式。例如,1984 年 Axelrod 提出著名的“囚徒困境”博弈^[3],开辟了数字社会方 法的先河。在囚徒困境博弈中有两个参与者,每一个参与者都 有两个选择:合作和背叛。每个参与者必须在不知道另外一个 人的选择情况下从两个方案中选择其一。表 2 给出这个博弈 的规则,假设两个参与者是 A 和 B,每一个单元格内的第一个 数字表示 A 的报酬,第二个数字表示 B 的报酬。

表 2 囚徒困境博弈

		B	
		背叛	合作
A	背叛	1, 1	5, 0
	合作	0, 5	3, 3

如果两个人都选择合作,那么两者所得的报酬都是 3;如 果两方都选择背叛,那么他们所得的报酬都是 1;如果一方合 作,另一方背叛,那么合作一方最吃亏,报酬是 0,而背叛一方 反而得到最多报酬是 5。我们来考虑一下 A 的分析过程:“如 果 B 选择背叛,那么 A 应该选择背叛才能得到报酬,否则 A 将没有报酬;如果 B 选择合作,那么 A 也应该选择背叛,这样 A 可以得到最高的报酬 5,而选择合作却只能得到报酬 3。”因 此,A 应该会选背叛。同样的分析过程也适合 B,最后的情 况就是他们两人都选择了背叛,因而都得到 1 的报酬。其实 从单个人角度出发,选择背叛会比合作报酬更高;但实际上从 两个人整体利益出发,两个人都合作才是他们共同的最好选 择。但是人都是自私的,并且不允许相互通信达到协调一致, 所以一般这样的全局最好结果不会自发达到。

囚徒困境是对现实生活的很好比喻。我们经常会遇到类 似两难的处境:一方面我们应该选择合作,以达到集体利益的 共同提高;另一方面我们又倾向于选择不合作而满足自己的 私欲。数字社会通过简单的几条规则模拟了人类社会中的真 实情况,并揭示出深刻的社会学道理:人类的合作现象是如何 从一个竞争的环境中自发产生的。

5.8 人工脑

人工脑综合了硬件和软件的进化,是人工生命研究中的 重要课题。它并不是像字面描述的那样,好像要用人工的方法, 利用电子器件再现出生物的大脑,而是希望模拟出生物大

脑处理信息的高级智能系统。要实现这样的系统,必须从硬 件和软件两个方面来进行人工脑的构建。硬件的进化是一个 极具挑战性的课题,可进化的硬件在目前仍处于开发的初期 阶段。软件方面主要强调模拟脑细胞的运作方式,采用神经 学领域的最新发现,使机器对不同的刺激产生反应,表现出像 大脑一样的记忆学习功能。

人工脑首先面临的问题是如何解决机器感知的问题,目 前的计算机还无法有效地把各种信息如视觉、听觉等综合为 统一的感知信息,认知也就无从谈起。要想真正实现智能,需 要进一步研究知识的存储及提取模式以及知识如何上升为概 念及突现的条件等。研制者在系统的设计中引入了人工生命 中的“进化和突现”的机制^[6]。进化被定义为能够产生变化, 而突现则是为使系统能够适应变化使系统能够按照适应性自 我组织。

人工脑的研究具有广泛的应用前景,尤其是它对于视觉 和听觉信息的综合处理一定会有广泛的用途。

结束语 人工生命是研究那些具有生命特征的人工系统, 是一门新兴学科,为我们解决问题提供了新的思路 and 工具。人 工生命研究的主要目标就是通过研究理解已知的生命形式来 探索生命形式的普遍特征,从而可以用别的物质来构造出不 同于自然生命的另类载体的生命形式,赋予它们生命的特征, 使其具有进化、遗传、变异等生命现象,得到生命的普遍行为。 人工生命的开拓者把地球上的自然生命仅仅看成是一种具有 特定载体(蛋白质)的特定生命形式,地球上的生命进化也仅仅代 表一种特定的进化途径。人工生命不是对于生命系统的简单 模拟和仿真,它也是一种生命。人工生命的研究将促进生命科 学、信息科学、系统科学等学科更深层的交流和进展,同时也 将对社会科学产生深远的影响。

参考文献

- [1] 李建会. 人工生命: 计算机与生物学相遇的前沿. 科技导报, 2003, 3: 6-8, 44
- [2] 周登勇, 戴汝为. 人工生命. 模式识别与人工智能, 1998, 4 (3): 412-418
- [3] 李建会, 张江. 数字创世纪: 人工生命的新科学. 北京: 科学出 版社, 2006
- [4] 李建会. 人工生命: 探索新的生命形式. 自然辩证法研究, 2001, 17(7): 1-5, 20
- [5] 贺建民, 王元元. 人工生命的发展与研究. 解放军理工大学学 报(自然科学版), 2003, 4(3): 11-16
- [6] 吴斌. 人工生命研究. 西南科技大学学报, 2002, 17(3): 60- 65, 78
- [7] Wolfram S. Universality and Complexity in Cellular Automata. Physical D, 1984, 10: 1-35
- [8] Langton C G. Studying Artificial Life with Cellular Automata. Physical D, 1986, 10: 120-149
- [9] Koza R J. Spontaneous emergence of self-replicating and evolu- tionarily self-improving computer programs// Artificial Life II, SFI Studies in the Sciences of Complexity, Volume X VII, Red- wood City, CA: Adding-Wesley, 1993
- [10] 涂晓媛. 人工鱼——计算机动画的人工生命方法. 北京: 清华 大学出版社, 2001
- [11] Muggleton S H. Exceeding human limits. Nature, 2006, 440 (7083): 409-410
- [12] Emonet T, Macal C M, North M J, et al. AgentCell: a digital single-cell assay for bacterial chemotaxis. Bioinformatics, 2005, 21(11): 2714-2721
- [13] Tomit M. Whole-cell simulation: a grand challenge of the 21st century. Trends in Biotechnology, 2001, 19(6): 205-210
- [14] 卢欣华, 孙吉贵. 模拟细胞生命活动的电子细胞. 计算机科学, 2006, 33(8. 增刊): 315-318
- [15] Slepchenko B M, Schaff J C, Macara I G, et al. Quantitative cell biology with the Virtual Cell. Trends in Cell Biology, 2003, 13(11): 570-576
- [16] 赵明生, 高彤, 孙冬泳, 等. 电子细胞的研究现状与展望. 电子 学报, 2001, 29(12A): 1740-1743
- [17] 卢欣华, 孙吉贵. Analog-Cell: 一种新的电子细胞图形模型. 电子学报, 2007, 35(1): 49-53