



中国人工智能学会支持
人工智能科普丛书



机器生命的秘密

阮晓钢 编著

-49



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

人工智能科普丛书

机器生命的秘密

阮晓钢 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

本书部分工作得到了国家自然科学基金(No. 60375017)的支持

内 容 简 介

《机器生命的秘密》讲述机器生命的故事:孕育在 Wiener 思想实验中的机器蠕虫、机器生命的亚当 Elmer 和夏娃 Elsie、勇闯火山的探险蜘蛛 Dante、人性化机器人 ASIMO、随“探路者”登陆火星的“旅居者”,以及机器孪生子“勇气号”和“机遇号”。《机器生命的秘密》剖析孕育机器生命的科学:控制论、人工智能和机器人学。《机器生命的秘密》解密机器生命的本质:机器生命的构造——金属的机体与电子的器官;机器生命的行为——与人和动物一样感知和认知;机器生命的起源和进化——“它们将在半个世纪内赶上我们人类”。

图书在版编目(CIP)数据

机器生命的秘密/阮晓钢编著. —北京:北京邮电大学出版社, 2005
ISBN 7-5635-0887-2

I. 机... II. 阮... III. 机器人—普及读物 IV. TP242-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 091955 号

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

电话传真:010-62282185(发行部) 010-62283578(传真)

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京通州皇家印刷厂

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32

印 张:7.125

字 数:135 千字

印 数:1—3 000 册

版 次:2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0887-2/TP·212

定 价:13.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

人工智能科普丛书

编委会

主 编：涂序彦
 常务副主编：王 普
 副 主 编：林尧瑞 韩力群
 委 员：(排名不分先后)

涂序彦	北京科技大学	教授
韩力群	北京工商大学	教授
蔡自兴	中南大学	教授
林尧瑞	清华大学	教授
童天湘	中国社科院	研究员
蔡庆生	中国科技大学	教授
孙增圻	清华大学	教授
谭 民	中科院自动化所	研究员
王 普	北京工业大学	教授
刘 宏	北京大学	副教授
钟义信	北京邮电大学	教授
何华灿	西北工业大学	教授
邱玉辉	西南师范大学	教授
王天然	中科院沈阳自动化所	研究员
刘增良	国防大学	教授
杨义先	北京邮电大学	教授
秦世引	北京航空航天大学	教授
杨天梁	清华大学	高级工程师
王昆翔	中国公安大学	教授
洪炳熔	哈尔滨工业大学	教授

总 序

“智能化”意味着“智能科学技术”在各行各业的广泛普及和应用,是信息化、自动化、数字化发展的新阶段。“智能化”是当前新技术、新产品、新产业的发展方向与显著标志,如智能制造、智能管理、智能通信、智能设计、智能计算、智能优化、智能调度、智能检测、智能仪表,智能自动化、智能网络、智能计算机、智能机器人、智能玩具、智能家电、智能汽车、智能交通、智能建筑、智能小区,等等。

“智能科学技术”研究“智能”的理论方法与应用技术,研究开发智能系统的方法与实现技术。“智能科学技术”是人工智能科学技术向综合智能科学技术发展的新时期,是信息科学、知识科学向智能科学发展的新阶段,是思维科学、认知科学、生命科学与计算机科学、自动化科学、信息科学、系统科学等多学科综合集成的新领域,具有重大的科学意义与广阔的应用前景。

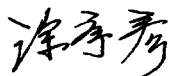
“智能”应当包括:生物智能(首先是人的智能)、机器智能(特别是计算智能)、人机结合的协同智能。“智能”是多层次的(如:思维层、感知层、行为层),是多种类的(如:人的智能、机器智能、人机协同智能),是多模式的(如:集中智能与分布智能,个体智能与群体智能)。“智能科学技术”的研究、开发及应用不仅包括:“人的智能”,而且还涉及“人工情感”、“人工心理”、“人工生命”、“人工社会”等的研究、开发及应用。

为了提高全民的科学素质,传播科学思想,创导科学方法,普及科学知识,实现科教兴国的发展战略,需要大力普及现代科学技术知识,因此,中国人工智能学会与北京邮电大学出版社决定

合作组织我国智能科学技术领域的知名专家,编辑出版人工智能科普丛书。

人工智能科普丛书的出版发行,将进一步推动我国智能科学技术的普及和应用,为提高全民科学素质,实现科教兴国做出贡献。

人工智能科普丛书编委会主任



2005年1月16日

前 言

机器生命不是上帝的作品,而是人类的杰作。

“机器生命”(Robotic Life)意即“具有生命的机器”或“具有生命特性的机器”。与“机器生命”相对的概念是“自然生命”(Natural Life)。“自然生命”意即“大自然创造的生命”。人和动物都是自然生命。

自然生命是有机生命,是有机物质构成的;而机器生命是无机生命,其构成是无机物质。

与自然生命一样,机器生命具有自己的感觉器官:电子眼、电子耳、电子鼻、电子舌,还有电子身。

与自然生命一样,机器生命具有自己的动作器官:机械手和机械臂、机械足和机械腿,以及机械翅膀或机械鳍,还有相当于肌肉的电动马达。

与自然生命一样,机器生命具有自己的脑或神经系统:电脑,即超大规模集成电路组成的微型电子计算机。

《机器生命的秘密》对“机器生命”的概念做了限定,阐述了机器生命应该具有的三大特征,即:

- (1) 机器生命是人造的机器;
- (2) 机器生命能自主地迁移;
- (3) 机器生命具有感知和认知行为。

作为机器,机器生命是为人类服务的。随着机器生命的进化,机器生命的机能和智能将不断发展。与普通机器相比,机器生命能为人类做更多的事情。普通机器只能机械地执行既定的任务,而机器生命能独立地思考,独立地决策,甚至具有记忆和学习行为,自适应地面对未知环境,自主地处理突发事件。

《机器生命的秘密》讲述机器生命的故事：孕育在 Wiener 思想实验中的机器蠕虫、机器生命的亚当 Elmer 和夏娃 Elsie、勇闯火山的探险蜘蛛 Dante、人性化机器人 ASIMO、随“探路者”登陆火星的“旅居者”，以及机器孪生子“勇气号”和“机遇号”。

《机器生命的秘密》解密机器生命的本质：机器生命的构造——金属的机体与电子的器官；机器生命的行为——与人和动物一样感知和认知；机器生命的进化——“它们将在半个世纪内赶上我们人类”。

《机器生命的秘密》剖析孕育机器生命的科学：控制论、人工智能和机器人学。

1948 年，美国天才科学家 Wiener 通过剖析动物与机器的辩证关系创立了《控制论》。Wiener 的《控制论》是关于动物和机器共性的科学，是关于动物和机器统一性或同一性的科学。正如 Wiener 说的：“就其控制行为而言，所有的技术系统都是生物系统的仿制品。”

Wiener 的《控制论》意味着：生命或生命行为不是人和动物独有的特征，机器同样具有生命的特性，而人和动物的行为，包括感知和认知的行为，都能移植给机器，都能在机器上得到体现。在 Wiener 的眼里，生命，无论是自然生命或机器生命，都是自动机器。

Wiener 的《控制论》揭开了生命的神秘面纱，是对传统生命观的挑战。

《机器生命的秘密》始终基于 Wiener《控制论》的思想和方法论述机器生命，即通过剖析自然生命与机器生命的辩证关系描述机器生命：类比自然生命的有机机体以阐述机器生命的无机机体，类比自然生命的生化器官以阐述机器生命的电子器官，类比自然生命的脑以阐述机器生命的电脑。

《机器生命的秘密》力图通过 Wiener 的视角，基于《控制论》

的思想和方法,去认识和理解生命的本质,通过自然生命理解机器生命,同时,通过机器生命理解自然生命,“无论是对金属的生命还是对血肉的生命”——Wiener 语录。

正如 Moravec 所说的:“机器生命现在才刚刚达到脊椎动物复杂性的低级水平”。

人类正满怀期待地注视着机器生命的进化,准确地说,人类正以积极的姿态促进机器生命的进化进程。机器生命的进化之路从 Walter 的 Elmer 和 Elsie 开始,已经经历了半个多世纪。然而,与自然生命约 30 亿年的进化史相比,机器生命还有很长的路要走。

机器生命的进化历程还处在初级的甚至原始的阶段,对机器生命的认识因而也就处在初级的和原始的阶段。以人们今天的知识和想象力很难把握处在原始阶段的机器生命,机器生命真正的秘密至今还没有完全探听到,《机器生命的秘密》关于机器的观点和看法、认识和理解,以及讲解和论述,带有幼稚、主观、片面、无知,甚至错误的极大可能性。因此,阅读《机器生命的秘密》需要具有批判的态度和批判的精神。

批判之余,如果《机器生命的秘密》能给读者带来哪怕一点点有益的启示,都将给我带来极大的快乐和满足。

阮晓钢

2005 年 6 月 18 日

于北京

目 录

1 概述

1.1 什么是机器生命	3
1.2 机器生命的起源	5
1.3 机器生命与控制论	7
1.4 机器生命与机器人学	12
1.5 机器生命与人工智能	14
1.6 机器生命能做什么	16

2 机器生命的机体与活性

2.1 机器机体的活性	23
2.2 机器机体的解剖	26
2.3 机器生命的摄能和储能器官	28
2.4 机器生命的动作器官	30
2.4.1 机器生命的动力	30
2.4.2 动力的传动	32
2.4.3 机器生命的迁移器官	33
2.5 机器生命的电子器官	35
2.5.1 机器生命的滤波器	36
2.5.2 机器生命的 A/D 和 D/A 电路	36
2.5.3 机器生命的驱动器	38

3 机器生命的感官与感知

3.1 机器生命的“刺激—反应”行为	43
--------------------------	----

3.1.1	反射弧与“刺激—反应”	43
3.1.2	机电式反射弧	45
3.1.3	机器生命的“刺激—反应”	46
3.2	机器生命的眼睛和视觉	47
3.2.1	感知光照强度的视觉传感器	47
3.2.2	红外视觉传感器	49
3.2.3	数字摄像视觉系统	49
3.3	机器生命的耳朵和听觉	51
3.3.1	麦克	51
3.3.2	声纳	52
3.4	机器生命的鼻子和嗅觉	53
3.5	机器生命的舌头和味觉	54
3.6	机器生命的身和触觉	56
3.7	机器生命的感知行为	57
4	机器生命的脑与认知	
4.1	自然生命的脑	63
4.1.1	神经系统	63
4.1.2	脑	64
4.1.3	神经细胞	65
4.1.4	认知	66
4.2	机器生命的脑	67
4.3	机器生命能认知吗	71
4.3.1	机器生命与认知	71
4.3.2	物理符号系统与 PSS 假设	74
4.4	机器生命怎么认知	75
4.4.1	产生式系统与专家系统	76
4.4.2	Hopfield 网络与联想记忆	78

5 机器生命的控制与通讯

5.1 《控制论》中的控制与通讯概念	83
5.1.1 控制与通讯概念产生的历史背景	83
5.1.2 控制与通讯概念与防空火炮系统	84
5.1.3 控制与通讯的涵义	87
5.2 控制和通讯与反馈概念	89
5.2.1 反馈概念的形成	89
5.2.2 反馈概念的涵义	91
5.2.3 负反馈与正反馈	93
5.2.4 反馈与振荡	97
5.3 自然生命的控制与通讯	100
5.3.1 动物体温的自动调节	100
5.3.2 猎豹与羚羊	102
5.3.3 “感官—神经—肌肉”反馈系统	104
5.4 机器生命与《工程控制论》	107
5.4.1 “传感器—计算机—马达”反馈系统	107
5.4.2 《工程控制论》	110
5.4.3 PID 控制:经典的控制与通讯机制	111
5.5 机器昆虫捕捉运动物体	114
5.5.1 捕猎者一号	114
5.5.2 Catcher01 距离控制	116
5.5.3 Catcher01 方向控制	117
5.5.4 Catcher01 的捕猎实验	118

6 Wiener 的机器蠕虫

6.1 蠕虫与《控制论》	123
6.2 剖析蠕虫	124

6.2.1	蠕虫的形态和构造	125
6.2.2	蠕虫的负趋光习性	126
6.2.3	蠕虫的“眼点—神经—肌肉”反馈系统	128
6.3	Wiener 的思想实验	130
6.3.1	Wiener 虫的构思	130
6.3.2	Wiener 虫的机电式反射弧	131
6.3.3	Wiener 虫的“刺激—反应”行为	132
6.4	Wiener 虫的脑及其神经活动	133
6.4.1	Wiener 虫的脑组织	134
6.4.2	Wiener 虫的神经活动	135
6.4.3	Wiener 虫的控制与通讯	136
6.5	Wiener 虫的虚拟实验	138
6.5.1	Wiener 虫虚拟模型	138
6.5.2	Wiener 虫仿真系统及其控制与通讯	140
6.5.3	Wiener 虚拟实验	141
7	Walter 的机器龟	
7.1	Walter 与机器生命	145
7.1.1	Walter 生平	145
7.1.2	Walter 与 EEG	145
7.1.3	Walter 与 Elmer 和 Elsie	147
7.1.4	Elmer 和 Elsie 的生物活性	150
7.2	Walter 龟的设计和构造	151
7.2.1	Walter 设计 Machina Speculatrix 的原则	151
7.2.2	Walter 龟的机体和解剖	152
7.2.3	Walter 龟的小屋	154
7.2.4	Walter 龟的生存目标及行为设计	155
7.3	Walter 龟的反射弧及其机电器官	157

7.3.1	Walter 龟的机电式反射弧	157
7.3.2	Walter 龟的感觉器官	158
7.3.3	Walter 龟的动作器官	161
7.3.4	Walter 龟的神经系统和脑	163
7.4	Walter 龟的控制与通讯	165
7.4.1	Walter 龟的“刺激—反应”行为	165
7.4.2	Walter 龟的反馈控制结构	169
7.4.3	Walter 龟的能量和信息流动	171
7.5	Walter 龟的生活	172
7.5.1	Elsie 就餐	173
7.5.2	Elsie 饭后的活动	174
7.5.3	Elmer 与 Elsie 嬉戏	176
7.5.4	Elsie 的选择行为	177
7.5.5	Elsie 照镜子	178
7.6	Walter 龟的认知行为	179
7.6.1	Machina Docilis 及其机电式反射弧	180
7.6.2	Machina Docilis 脑及其 CORA	181
7.6.3	Machina Docilis 学习探索声源	183

8 机器生命的进化之路

8.1	Elmer 和 Elsie 之后的机器生命	191
8.1.1	20 世纪 60 年代的 Hopkins 野兽	191
8.1.2	20 世纪 70 年代的 Standford Cart	193
8.1.3	20 世纪 80 年代的 CoreSampler	195
8.1.4	20 世纪 90 年代的火山勘探蜘蛛 Dante	197
8.2	机器生命的今天	200
8.2.1	机器人名人堂	200
8.2.2	火星探测器	202

8.2.3 人性化机器人 ASIMO	205
8.3 机器生命的进化轨迹	207
8.4 未来的机器生命:Moravec 的展望	209
8.4.1 Moravec 其人	209
8.4.2 Moravec 的展望	210



概述



《机器生命的秘密》为你讲述机器生命的故事。《机器生命的秘密》将把你带入一个特殊的生命世界。这里的生命不是上帝的作品，而是人类的主作。这里的生命构成不是有机物，而是机电元件。

