

图象图形科学丛书

刘健勤 盛津芳 魏敏洁 编著

# 面向智能体的 视觉信息处理



TN911-73

03



00009220

图象图形科学丛书

# 面向智能体的视觉 信息处理

刘健勤 盛津芳 魏敏洁 编著

TN911-73



科学出版社

2000



C0485151

## 内 容 简 介

智能体系统建造是国际上兴起的一项新的计算技术,随着国际互联网所带来的网络化、数字化趋势,由人类信息获取与加工的本质特性所决定,视觉智能体的信息处理已为人们所关注。本书共分9章,分别介绍视觉智能体系统的应用领域、技术特点和用户对象;系统机理、模型结构以及核心环节;论述了系统策略、设计方法、开发技术以及关键要素,并强调面向问题的解决方案。本书提供两个应用对象来分析视觉智能体系统的实际问题,前者选取了信息技术与生命科学所交叉的基因可视化,后者则为具有复杂非线性特性的资源、遥感、地、物、化、生综合GIS系统,有助于视觉智能体系统的推广和应用。最后,本书概括了相关的其他三项高新技术。

本书可作为计算机、自动化、信息工程、电子与通信、信号处理等专业博士生、硕士生及本科生的教材,也适合于从事信息产业的工程技术人员参考以及计算机用户阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

面向智能体的视觉信息处理/刘健勤等编著.-北京:

科学出版社,2000

(图象图形科学丛书)

ISBN 7-03-007234-0

I.面… II.刘… III.图象信息处理 IV.TP391.4

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第26642号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

北京双青印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

2000年4月第一版 开本:787×1092 1/16

2000年4月第一次印刷 印张:12 1/4

印数:1-3 500 字数:269 000

定价:20.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

# 图象图形科学丛书编委会名单

## 主任委员

潘云鹤

## 副主任委员

(按姓氏笔划为序)

王宝兴 王淑兰 罗志安 章毓晋

## 委 员

(按姓氏笔划为序)

王宝兴 王淑兰 刘健勤 朱述龙 江 早  
石教英 何江华 鲍虎军 罗志安 张永生  
章毓晋 崔 屹 潘云鹤 潘志庚

## 丛书序言

图象图形是人类相互交流和认识客观世界的主要媒体。科学研究和统计表明，视觉系统帮助人类从外界获得 3/4 以上的信息，而图象图形带给我们的正是视觉世界中的所有信息。视觉信息所获得的客观作用是其他信息不能替代的，百闻不如一见就是一个非常形象的例子。图象图形是现代信息化社会的重要支柱。

图象图形科学是一门理论与现代高科技相结合来系统地研究各种视觉原理、技术和应用的综合性很强交叉学科。图象图形技术在广义上是各种与视觉有关技术的总称。人类基于视觉的活动，是一个广阔、复杂、富有挑战性的研究领域。图象图形科学和技术是这个领域的有力工具。该学科包括利用计算机和其他电子设备观察世界而获得的数据及按产生数据处理并且显示这些数据的理论和技术的研究。

图象图形科学具有涉及面广，内容丰富，跨行业、跨学科的特点。从它的研究方法来看，它与数学、物理学、生理学、心理学、电子学、计算机科学等许多学科可以相互借鉴；从它的研究范围来看，它与人工智能、神经网络、遗传算法、模糊逻辑等理论和技术都有密切的联系；它的发展应用与医学、遥感、通信、影视、文档处理和工业自动化等许多领域也是不可分割的。在科学史上，它代表了最活跃和令人振奋的边缘学科之一。

图象图形技术已经迅速渗透到人类生活和社会发展的各个方面。图象图形技术无论在科学研究、工业生产、文化娱乐、管理部门都得到越来越多的重视。图象图形技术在工业检测、高空侦察、制导、文件处理、动画、虚拟现实、生物医学、人体科学、艺术、远程教育、科学可视化、计算机辅助设计、遥感、航天等方面都得到越来越多的应用。进入 21 世纪后，其发展将更加迅速。

“图象图形科学丛书”正是在这种形势下组织出版的。中国图象图形学会和科学出版社为该套书的出版付出了很多的努力。这套丛书比较全面地覆盖了图象图形科学的各个分支，是广泛了解图象图形领域基本理论、技术应用和发展动态的最好读物；也是从事图象图形领域研究、技术开发和实际应用人员的工具书。

“图象图形科学丛书”由我国该领域的专家编写，这些专家既对图象图形领域的发展有全面的把握，又分别在其中的某一方向上有深入的研究和独到的见解，充分反映了当前图象图形科技研究的前沿、进展和水平。希望该套书能为发展图象图形科学技术，活跃学术气氛，交流研究成果，促进科技发展，为迎接信息技术的挑战，为我国图象图形事业做出应有贡献。

潘雪鹤

2000 年 2 月 1 日

# 前 言

人类在建造具有模拟自己功能的机器方面的实践由来已久，在众多的人类杰作中，机器人当属明显的一种。机器人已踏上火星的土地，为人类探索这个红色星球的奥秘服务，从电视上我们可以看到“索杰纳”的身影。近年来引起人们极大关注的一个事件，就是足球绿茵场上现在又面临着新的竞技者——足球比赛机器人，由于在我们这个星球上足球这项体育活动的巨大影响，足球比赛机器人所得到的关注程度可谓超乎寻常。1998年夏天世界杯足球赛在法兰西大地上烽烟尽散，1999年国际人工智能联合会议将在诺贝尔的故乡瑞典举办名为RoboCup的机器人足球赛。从机器人系统的角度看，智能体技术是关键的因素，并且是与视觉信息处理紧密联系的。其实，能够进行视觉信息处理的智能体系统还远不止于此。智能体系统突出反映了智能的机制和自适应性的行为，可形象地将智能体系统的特征概括为：

智能体 = 自动机 + 自适应性

在人类所涉及的日常信息中，经由视觉方式所获得的信息占了很大的比重，同时随着国际互联网的迅速发展，它能够对人类提供方便、快捷、直观的信息服务，已成为必然的趋势，其解决方案的提出与实现是工程技术上的关键之一。作为人类的助手，智能体技术在视觉信息处理方面的广阔应用前景不可忽视。针对智能体与视觉信息处理两个主题的有机结合，在本书的撰写中，我们着重体现其知识的内在联系与所涉及的技术范围这两条线索（分别属纵向和横向的两个方面），并从本质性的机理上加以贯通。

本书共包括9章。第一章是基础，着重介绍整个领域的背景与基础知识。第二章针对智能体的逻辑过程，进行系统地阐述。第三章则是对其智能行为和自适应能力进行讨论。第四章着眼于图象等视觉信息的处理环节进行技术上的剖析，并给出示例。第五章、第六章则分别体现了当前网络化的影响和软件工具的使用。第七章旨在探讨信息技术应用于生命科学方面的理论与实践。第八章介绍在地球科学中图象信息系统的开发方面力图进行设计方案、实施措施上的规律概括与经验总结。第九章的安排是为了给读者提供必要的相关理论和分析手段。

本书的第一章、第二章、第四章、第五章、第七章、第八章、第九章由刘健勤撰写，第三章和第六章分别由盛津芳和魏敏洁撰写，最后由刘健勤对全书进行了文字上的修改和内容的审校。

感谢中国图象图形学会王宝兴主任对笔者工作的宝贵建议、热情帮助和大力支持。本书也反映了笔者近年来所承担国家教育部留学回国人员基金、图象信息处理与智能控制教育部开放实验室基金、中国有色金属工业总公司十百千人才基金、中国有色金属工业总公司博士科研启动基金、湖南省自然科学基金资助项目的部分研究工作。

在信息技术领域，新兴技术不断涌现。针对这个特点，本书的撰写旨在抛砖引玉，希望对图象图形技术的推广应用有所裨益，并愿与大家共同为促进图象图形科学的发展做出自己应有的贡献。

刘健勤

1999年4月24日

# 目 录

<b>第一章 源于自动机的视觉信息处理</b> .....	1
1.1 数字化空间中的视觉计算 .....	1
1.2 智能体与人工生命 .....	2
1.3 视觉智能体的作用 .....	9
<b>第二章 智能体系统的结构与设计</b> .....	11
2.1 视觉智能体的应用对象及特点 .....	11
2.1.1 视觉智能体 .....	11
2.1.2 机器人足球比赛 .....	12
2.1.3 视觉智能体的分布式智能特点 .....	13
2.1.4 小结 .....	14
2.2 智能体的逻辑过程 .....	15
2.2.1 智能体理论与逻辑工具 .....	15
2.2.2 独立选择逻辑 .....	15
2.2.3 系统动态构造 .....	19
2.3 智能体的软件体系结构 .....	23
2.4 智能体的模型设计 .....	27
2.4.1 智能体的逻辑模型 .....	28
2.4.2 Deigrande 的条件逻辑 .....	32
2.4.3 统计模型 .....	34
2.5 智能体系统的内核设计 .....	39
2.5.1 Java 虚拟机方式 .....	39
2.5.2 多线程的方式 .....	39
2.5.3 设计的软件工程过程 .....	39
2.6 智能体与系统环境的关系 .....	40
<b>第三章 数据采掘的原理与技术</b> .....	43
3.1 基于内容检索的视觉信息系统 .....	43
3.2 数据采掘的基本原理 .....	44
3.2.1 数据采掘的基本框架 .....	44
3.2.2 数据采掘的规则化方法 .....	45
3.2.3 统计推断 .....	51
3.2.4 KDD 的策略和技术 .....	52
3.3 数据仓库及数据集市 .....	53
3.3.1 数据仓库的概念 .....	53
3.3.2 数据仓库的体系结构 .....	54
3.3.3 数据仓库中的元数据 .....	56
3.3.4 基于数据仓库的综合决策支持系统 .....	57

3.4	数据采掘系统的内核机制	57
<b>第四章</b>	<b>图象图形支撑技术</b>	61
4.1	图象处理技术	61
4.2	图象分割	61
4.2.1	图象分割的概念与基本过程	61
4.2.2	图象分割的类型与特点	65
4.2.3	自适应图象分割	67
4.2.4	设计方案示例	71
4.2.5	小结	72
4.3	图形化表征与符号形式	73
4.4	计算机协同工作系统	96
<b>第五章</b>	<b>网络环境下信息的集成</b>	100
5.1	网络环境下的应用需求	100
5.1.1	多维空间中的直方图生成	100
5.1.2	聚类过程	101
5.2	系统信息集成的规则	104
5.3	系统概要设计的策略与开发方法	106
5.4	DNA 计算与 DNA 计算机	108
<b>第六章</b>	<b>视觉智能体系统的软件工程技术</b>	116
6.1	概要	116
6.2	数据结构	116
6.2.1	视觉信息处理的背景知识	117
6.2.2	神经网络的建模理论	119
6.2.3	DNA 计算的数据结构	120
6.3	软件工程方法	121
6.4	视觉智能体对软件环境的要求	123
<b>第七章</b>	<b>基因组可视化</b>	128
7.1	基因组的生物信息学技术	128
7.2	可视化的基因组学结构	128
7.3	基因组数据采掘	130
7.3.1	基因组学模式分析	131
7.3.2	符号化粗粒度的动态进化反演	133
<b>第八章</b>	<b>遥感综合信息的模式发现</b>	138
8.1	资源遥感综合信息的特点与成矿预测	138
8.2	地物化遥生的综合模式	138
8.3	嵌入 KDD 机制的 GIS 系统	139
8.4	主动式遥感与智能体系统	140
8.5	综合遥感的视觉模式发现系统	146
8.5.1	图象对象的形式化与图象分割过程建模	146
8.5.2	研究方案的示例	148
<b>第九章</b>	<b>相关的交叉领域技术</b>	152
9.1	“软计算”技术	152



9.2 进化计算系统 .....	152
9.2.1 进化计算的创发性模型 .....	154
9.2.2 元进化创发性机理与模型示例 .....	156
9.2.3 进化计算系统的抽象机器模型 .....	157
9.2.4 创发性 DNA 计算的软件设计过程 .....	159
9.2.5 混沌控制系统的进化计算设计策略 .....	161
9.2.6 小结 .....	164
9.3 粗糙集与粗糙逻辑 .....	165
9.3.1 粗糙集概述 .....	165
9.3.2 用于知识发现的粗糙集过程 .....	170
9.3.3 进化粗糙集 .....	172
9.3.4 针对进代粗糙集的 Rescher 逻辑扩充 .....	179

# 第一章 源于自动机的视觉信息处理

## 1.1 数字化空间中的视觉计算

经常被人们称为电脑的计算机以及相关的范围里更为广泛的信息技术，在人们的生活中发挥着越来越重要的作用。从“深蓝”计算机在国际象棋赛中战胜大师卡斯帕罗夫以来，关于机器如何实现类似人的行为的问题已经显示出了一定的进展，但是从整体上看计算机系统的绝大多数功能仍与计算有关。

计算可以说是一个古老的话题，算盘就是一个我们很熟悉的帮助人们进行计算的工具。随着现代科学技术的高速发展，计算机技术日新月异，姑且不提电子管、晶体管、半导体、集成电路的历程，单就未来计算的发展趋势看，就有量子计算、光计算、DNA 计算等五彩纷呈的方向。而环顾我们所居住的这个星球，国际互联网络使得遥远的交通在信息世界中变得快捷，随之而来的一个主要趋势就是数字化。

从人们日常生活的角度看，电视、电影、录音、照片、图片、文字都是用于视觉的，美术则属于视觉的艺术。由视觉器官所获取的信息在人类从外界所得到的输入中占了很大的比重。图象、图形、语音等信号处理技术也已汇集在多媒体领域内，而成为能提供给用户综合性服务的一种手段，显然这是与计算机技术密切相关的。尼葛洛庞帝在其《数字化生存》一书中是从比特、界面、生活这三个环节着眼的<sup>[1]</sup>，他的关于比特的表述简要地指出了经过数字化表示以后所得到信息的特征。他所说的“电脑即电视”的观点，从近年来美国 Comdex 展览会上所展示的产品即可得到印证。再想一想 Sun 公司的“网络就是计算机”，人们又会看到网络计算的身影。

在生命存在的世界中，DNA 记录了生物体从生到死这个过程的决定性遗传信息，DNA 是脱氧核糖核酸的缩写。追究其基本表达方式无外乎 A, T, C, G 这四种形态 (A, T, C, G 分别是腺嘌呤、胸腺嘧啶、胞嘧啶、鸟嘌呤的符号)。在双螺旋的链中它们以互补的形态表达着生命的信息，信息 DNA 对数字化信息的刻划是很确切的概念。

数字化与网络的联系显而易见，人们直接感到的数字化技术中视觉信息就有不少。尼葛洛庞帝在其书中提到的例子就有数字电视、多媒体、超媒体、虚拟现实、电脑视觉、电视会议、电子艺术等，并涉及到可视电话、互动视频等技术。人们在使用计算机时需要能提供易于交互的并与人的习惯相吻合的工作方式，因此像视窗操作系统这样的软件平台成为流行的事就不难理解了。

计算机的人机交互，在人工智能中一直受到重视，人机工效学中界面也是一个重要的内容，而计算机的应用已日益与人们的生活相联系，从计算机文化就可见一斑。互联网络下的电子邮件不仅是人们之间通信的手段，而且改变了人们自古以来的通信方式；当浏览网页时其内容和风格所折射出的内涵要超出文字符号本身，而包括网络在内的数字化技术，又离不开计算机硬件和软件的技术支撑，特别是大量的程序设计工作，正是这些工作使得直观、形象、生动、贴近用户日常行为习惯的效果成为可能。尼葛洛庞帝

在他的书中第二部第六部分“少就是多”中谈到了智能体，他的书中对智能体的阐述很直观。随着数字化的趋势，智能体的重要性将更加明显。

视觉信息处理的计算机系统实现属于计算的范畴，是智能体设计与构造的一个基础。视觉计算涉及对视觉信息的获取、处理（加工）、转换、传输等环节，处理（加工）着重于其内容，而转换的工作则表现在它的形式上。

同动物单一的视觉器官——眼睛（蝙蝠等例外）相比，图象输入手段就比较多，如扫描仪和摄像机就有彩色、黑白之分。数码相机的问世，使得影像可直接以软盘为媒介作为数字化的结果提供给用户。光笔和手写板、鼠标等也可为可视化工作提供帮助。在若干年前传真机也曾被用作图像输入的设备。

人类大脑皮层中经由长期的进化，具有处理丰富信息能力的大量神经系统单元，侧抑制原理和感受机制是从生物学上被揭示的，视觉信息的生物神经网络处理过程，又在并行层次化方面给了我们启示。视觉领域不仅涉及感知的机理，也涉及认知的过程。维纳在《控制论》这本名著中对视觉问题就给予了关注，书中的第六章完形和普遍观念就集中讨论了视觉的课题，并在导言部分提到格式塔的感知问题<sup>[2]</sup>。时至今日他的某些见解仍可供我们参考。对生物视觉的理解与认识有助于我们对视觉信息系统及相关智能体的研究。

## 1.2 智能体与人工生命

在 ALIVE VI (1998 年在美国加利福尼亚州洛杉矶市举行) 上，智能体已成为一个重要的内容。智能体属于人工生命的一个部分，人工生命这个学科同人工智能相比要年轻许多，但是人工生命与人工智能之间也确实存在着像日本科学家北野宏明所说的“双螺旋”关系。

人工生命是通过人工方式对自然界存在的生命过程进行理解、分析、建模和构造，具有仿真生命特征的系统的科学，它是继人工智能、神经网络之后又一门新兴的交叉性

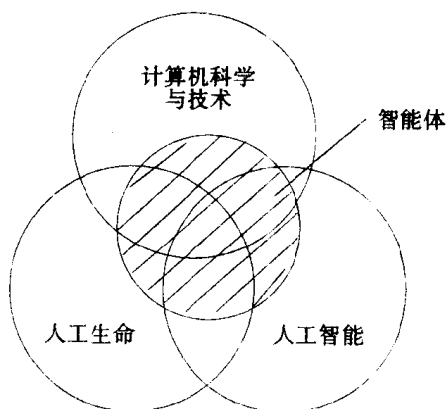


图 1.1 三个学科的关系

前沿学科，在国际上该领域的研究已形成高潮。人工智能则是大家所熟知的，正如国家自然科学基金委员会的《自动化科学与技术》自然科学学科发展战略调研报告中指出，人工智能研究的主要是如何用机器模仿人类智能活动的某些方面，延伸人脑功能的问题。所谓“智能”活动当前主要归结为推理、理解、规划、决策、抽象、学习和创造等，建造具有这类功能的机器就是现阶段人工智能的具体目标<sup>[3]</sup>。

生命体也是智能现象存在的一个载体，生命和智能两种现象在生物系统中是具有密切联系的。智能体的学科范畴则涉及到计算机科学与技术、人工生命、人工智能这三个学科。在问题求解这个目标上，由于人工生

命也是对具有 NP 特性对象进行操作，该问题也是人工智能一直探讨的问题，这样从工程应用角度看，它也属于智能信号处理的一种手段。就目前的机器建造水平来看，实现人工生命的方式仍基本上为计算机系统，并包括硬件和软件，这样其技术仍属于计算机科学与技术的范畴。当然在人工生命、人工智能、计算机科学与技术的交叉点上存在智能体这个领域，其行为具有人工生命的特性，实际过程采用计算机系统，并可对问题实施智能计算的操作。

人工生命是信息科学与生命科学相交叉的学科，其关系示于图 1.2。

生命科学包括的范畴很广，人工生命所关心的是生命现象的本质、生命过程中能反映在信息方面的规律（如进化、生成、发育等）、生命系统的统一性机理等，这些问题均从信息科学的定量方面进行分析，所采用的建模、算法、系统就是理解生命的途径和仿真生命的环节。其特点在于“生命之如其所能”（life-as-it-could-be）与“生命之如吾所识”（life-as-we-know-it）之间的联系。人工生命本身是处于人工世界，但是它一方面与生命科学相交互，体现 C. G. Langton 所说的为理论生物学做出贡献。另一方面也为计算机系统的设计与开

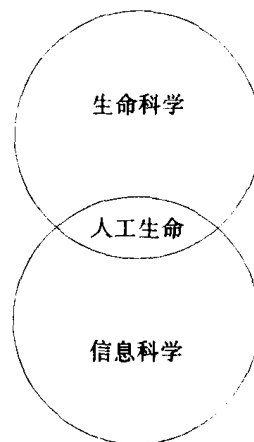


图 1.2 信息科学与生命科学交叉的关系

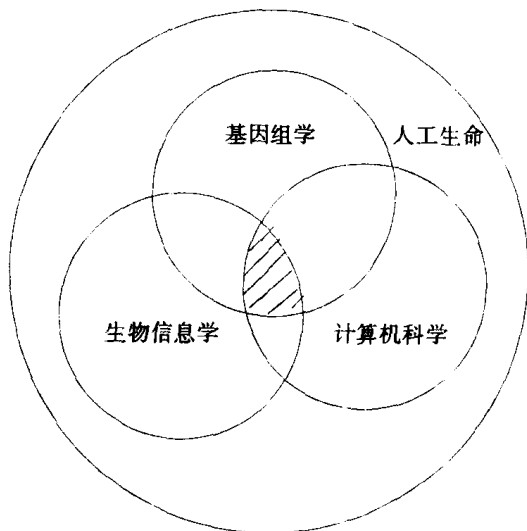


图 1.3 人工生命的核心环节

发提供新思想、新概念、新模型、新方法等，并具有一定的促进作用。进一步的人工生命的核心环节可具体化为基因组学、生物信息学、计算机科学三者的交叉领域。就本质上来讲，人工生命的核心在于基因组学、生物信息学、计算机科学的共同研究内容之所在，这是它有别于其他学科的突出方面，如图 1.3。基因组是反映生命本质的重要物质，它的核苷酸碱基对序列反映了生命过程的（基本）关键信息，遗传、生长、发育、生殖等特征均可从中得到解释。生物信息学强调生物系统的信息问题，并把它放在信息这个框架内加以研究，而像人类基因组计划、水稻基因组计划

等就是通过信息工程的方法探明基因组结构与功能的宏伟计划。计算机科学则是分析生物中基因组相关信息的基础，起到了计算和分析的重要作用。

生命与机器是一个很早以来人们就谈论得比较多的话题。Langton 在谈论人工生命的历史根源<sup>[4]</sup>时，是从人类古代的机械方面的技术开始的。他提到了公元 1 世纪亚历山大的希罗的工作、18 世纪 Jacques de Vaucanson 和 19 世纪 Reichsteiner 的机械鸭。他的

思路是按下列线索展开的：控制机构的发展→机器逻辑“形式”的抽象→通用目的计算机→机器行为的形式限制→从机械学到逻辑→复杂行为的根源。他对细胞自动机、Richard Laing 的人工分子机器、L. S. Penrose 的机械模型（可说明一类自复制现象）、Grey Walter 的一对分别名叫 Elmer 和 Elsie 的电子乌龟、像 Core Wars 这样的计算机游戏均给予了关注。关键之处在于他在 Von Neumann 与自动机理论方面所强调的是这样的思想，Von Neumann 在头脑中思考为人们所熟悉的自生殖这个自然现象，但他却并不是试图在遗传和生物化学的层次上模拟自然系统的自生殖。他希望从自然的自生殖问题中抽象出其逻辑形式<sup>[4]</sup>。

维纳在其《控制论》第九章“关于学习和自生殖机”（1961年）中，指出“这里机器和自生殖两个词都是重要的。……机器能否有足够的部件和充分的复杂结构来实现它的功能中的自生殖功能。这个问题已故的约翰·冯·诺依曼已经作了肯定的回答。另一个问题涉及到制造自生殖机的实际操作程序”。他是从抽象的角度来看这个问题的，他说“……请问这个过程，与另一些过程——基因作为一个样板，从氨基酸和核酸的一种比例不定的混合物中，形成与它相同的另一些基因分子，或者，病毒把从它的寄主的组织和体液中形成的其它同种病毒分子引变成自己那种类型——从哲学观点看来是否有很大的不同。我并不完全指望这些过程在细节上也是相同的，但是我却相信从哲学的观点看来，它们是非常类似的现象”。维纳尽管这里使用了“哲学”这个人文科学中的术语，但是从其书中的内容来看却是指非线性的建模过程。生命与机器在许多方面毕竟还是具有差异的。具有生命的生物体与机器之间具有本质的区别，绝不可将它们混同起来，在今天看来这是不言而喻的事情。当然把人比作机器的说法，可在法国医生 Julien Offroy de La Mettrie（1709~1751）的《人-机器》、笛卡尔（1596~1650）的《人类》这两本书见到<sup>[5]</sup>，这已是几百年前的事了。人工生命的出发点在于寻找一种抽象的形式，将有关生命的仿真机理在系统中予以实现。当然，人工生命并不是仿生学，但是，就像仿生学给了人们建造机器一种新的方法那样，人工生命的主要目的之一就是为我们提供新的方法、技术和工具，以帮助我们解决各种各样的问题。

关于人工生命的文献，主要的学术刊物有在麻省理工学院出版的人工生命杂志（Journal of Artificial Life），著名的国际会议有 ALIFE 系列，目前已举办了六届，还有欧洲人工生命会议（ECAL）。在像 1997 年 4 月创刊的 IEEE Transactions on Evolutionary Computation 等刊物上也会见到相关内容的论文。在 1999 年瑞典斯德哥尔摩召开的国际人工智能联合会议（IJCAI）也将人工生命列入其内容。

人工生命的发展，可从这六次被称为 ALIVE 的里程碑式的系列会议中把握其趋势<sup>[6~10]</sup>。

1) 首次 ALIVE 的内容包括人工生命研究的理论、生命的起源、进化的过程、胚胎学过程、通用目的仿真系统、类型遗传学（Typogenetics）、MIT 媒体实验室在人工生命方面的工作、微技术（nanotechnology）、单状细胞轮廓、与控制多段臂腿相关的复杂问题，Pattee 指出生命充分模型的准则不应该仅仅依赖于模仿，即要超越人工智能中广泛接受的图灵测试等价的人工生命。这次会议标志着人工生命学科的诞生。

2) ALIVE II 分为概貌、起源/自组织、进化动力学、生长、学习与进化、计算、哲学/创发性、未来等 8 个部分。

3) ALIVE III 包括复制器、进化、生态学与进化、人工世界、机器人学、生物化学、形态学与集体模式形成、动力学、创发性、哲学等 10 个部分。

4) ALIVE IV 中的论文形式分为特邀报告、长文和短文三种，收入论文集的特邀报告有两篇，分别是日本 ATR 下原胜宪的“针对脑通信的进化系统——走向人工脑”和比利时布鲁塞尔大学的 Luc Steels 的“经由在线进化的机器人智能体中的创发功能性”。在 56 篇论文中与智能体关系密切的论文有 3 篇，除了 Steels 的以外，分别为用于自治智能体综合的生成可进化模型和字符识别智能体。

5) ALIVE V 则是人工生命学科走过 10 年历程时该学科趋于成熟的标志。在该次会议上虚拟现实、与人工生命相关的艺术——视频表现和录音放映、交互装置等得到重视。

ALIVE VI 集中概括了当前人工生命的最新发展，它于 1998 年 6 月 26 日至 29 日在美国加利福尼亚州洛杉矶市举行，主办单位是美国加州大学洛杉矶分校 (UCLA)。ALIVE VI 最为显著的特征是人工生命与生命科学的结合，努力探索学科前沿的重大课题，会议的主题是：“生命与计算：变化中的疆界”，主要内容包括下列几个方面：DNA 计算、基因组数据采掘、计算化学、生物技术中的组合与进化方法、关于遗传、生长、行为、生态的建模、外星生物学（例如火星陨石 ALH84001 中生物活动所产生的踪迹）和基于智能体的 WWW 媒体、通信和经济学。在该次会议的论文集的前言中 Christoph Adami、Richard Belew、北野宏明、Charles Taylor 着重从一个较高的层次来看人工生命学科的内涵，他们指出，Von Neumann 和 Turing 告诉我们人工生命植根于已扩展至生命普遍性的计算的普遍性中，并对 Chris Langton 的工作和贡献、Tom Ray 的 tierra 系统、Stuart Kauffman 的 NK 模型等进行了简要的评述。

值得注意的突出变化在于人工生命与生命科学的关系上，人工生命非常重视这个方向上的交叉和工作。

南加利福尼亚大学的 Len Adleman 的特邀论文为 DNA 计算，在 1993 年曾用 DNA、酶、现代分子生物学技术解决了一个小（规模）的汉密尔顿路径问题，他讨论了自那时以来的一些最新的研究成果，并且他试图把 DNA 计算放在一个更大的范围中。Scripps 研究 Joyce 的特邀论文是什么在湿的人工生命中进化，这里湿的 (Wet) 是指人们所说的湿件 (Wet ware)。他们最近以连续方式进行了基于 RNA 催化功能在试管内的进化。Papadimitriou 的特邀论文为生命科学中的计算复杂性，对问题求解系统、NP 理论具有一定的启发作用，正如他指出的自然界显示出它可以很快的速度求解极为复杂的组合问题（蛋白质折叠问题广泛研究的离散形式，事实上最近被认为是 NP 完全的（参看 1998 年 RECOMB 会议论文集））。该次会议的特邀论文 3 篇、全体会议上提交的论文及分组提交的论文为：

- 算法化学 (5 篇)
- 分子与生长模型 (5 篇)
- 运动 (2 篇)
- 对环境调节性的适应 (3 篇)
- 进化 (6 篇)
- 进化动力学主题 (3 篇)

- 社会动力学 (3 篇)
  - 语言与社会系统 (26 篇)
- 共计 50 篇。

智能体方面值得注意的有: Michael de la Maza, Ayla Ogus, Deniz Yuret。在基于智能体的经济模型方面的工作,他们在研究公司的垄断和竞争行为之间转变行为。西村和池上对智能体之间的创发性和关系的维护进行了研究,从而将智能体系统与人工生命中重要的创发性问题联系起来。智能体本身基本的功能就包括对输入(感知)的反应(动作),这也是具有生命系统所具有的属性之一。

人工生命从开始到现在,视觉就一直是一个重要的内容,美国麻省理工学院的 ALIVE 系统是一个很直观的智能体系统,该系统可通过电视摄像机获取使用者的身体信息,使用者和计算机中的智能体在同一空间中得以进行交互作用。在该系统中有两个部分值得注意,它们分别是对所获取使用者动作进行识别的机制和对宠物型智能体行动进行操作的软件。该系统可以将使用者的形象显示在大屏幕上,使用者看着屏幕上显示的宠物般外貌的智能体,可在空中伸出手与之握手,它也会做出反应,整个过程就像虚拟现实中的过程,但是并没有虚拟现实系统所必需的硬件要求。P. Maes 所研究的用于电子邮件的智能体是一种使用者对所收到电子邮件进行辅助性处理的软件。

Luc Steel 的进化机器人原型系统采用智能体的结构,并具有亚符号、协作、在线、开放、创发的功能,并在这些方面达到一定的水平,该系统中所构造的选择机制为选择机形式(该系统的一种新颖形式),从而使该机器人智能体系统的工作在行为竞争和进化性能方面取得了进展。

“agent”一词的译名有智能体、智能主体、代理、代理体、代理人等,在许多文献中都不加以翻译,直接采用“agent”或“Agent”的文字表达。这里我们将 agent 统一译为“智能体”。因为它表示一个独立的单元,例如计算机系统模块(软件),“体”可明确地表示它是一个实体的意味;“代理”从字面上看是一个较为明确的名词,但“代理”容易使人想到抽象的可能与计算机技术无关的过程或非技术含义;目前关于智能体,已有 intelligent agent (其意义与 agent 类似,只不过把智能一词明确写出而已)、autonomous agent (自治/主智能体)的术语。将 agent 译为智能体,可明确对 agent 和 intelligent agent 加以表达;从计算机系统角度看,“代理人”主要是一个人文科学的术语,为了尽量避免语义混淆,这里还是在技术范畴内对术语加以表达。当然应注意智能体与机器人、软件机器人(Softbot,即 Software Robot)的关系。另外,多智能体系统(Multi-Agent System)可简记为 MAS。

智能体就其层次来说有智能体和自治智能体这两个重要形态,从能力上看,其中自治智能体为高级层次。在系统结构方面人们则常讨论多智能体系统。就智能体性质而言又可构造诸如进化智能体、具备学习功能的智能体等。

着眼于智能体本质属性,可给出其如下定义:

令  $x$  表示输入,  $y$  为输出,智能体  $A$  则为图 1.4 所示的系统,它可以对  $x$  进行信息处理的工作,并做出相应的反应  $y$ 。智能体的根本目的就是它能够自动地进行一些操作,避免了传统技术中需由用户人工实施的这些操作,属于一种自适应的系统设计方法。

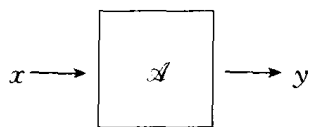


图 1.4 智能体的简要框图

智能体的本质在于其机制中对信息的反应，单个智能体的一个基本的形态就是对输入所做出反应的过程，输入通常被称为感知、作为反应的输出则为行动。

智能体的内部过程，从其学科范畴上，可以采用人工生命、人工智能、计算机科学的手段。在智能体的动态过程中信息处理可采用各种具有自适应的算法，如进化计算等，而它可以像对生物体模拟的过程那样进行动作，这是与人工生命系统的特征相一致的。

智能体内部可采用智能信息处理技术，特别是知识处理、知识库、推理机这样的专家系统构件有助于系统智能程度的提高。作为反映智能行为的方式，思维、心智、情绪、认知等因素就成为智能体设计的对象。数据融合、多种信息源下的集成、智能体建模均与相应的问题求解的要求相关。

目前，智能体的定义以 [11] 文的表述最为普遍。

#### 定义 (智能体)

一般地，智能体被认为是一个物理的或抽象的实体，它能作用于自身和环境，并能对环境作出反应。一般说来，智能体具有知识、目标和能力。

这个定义对智能体的三个要素予以明确的强调。这三点较为集中地反映了其主要方面：

##### (1) 知识

这是智能体关于它所处的世界或它所要求解的问题的描述。

##### (2) 目标

智能体所采取的一切行为都是面向目标的。

##### (3) 能力

智能体具有推理、决策、规划和控制等能力。

#### 定义 (多智能体系统)

多智能体系统是由多个可计算的智能体组成的集合。

多智能体系统的要求主要有：

##### (1) 协调方面

该系统可以协调一组自治的智能体的行为 (知识、目标、方法和规划等)，以共同地动作或求解问题。

##### (2) 目标方面

各智能体可以有同一个目标，也可有多个相互作用的不同目标。

##### (3) 知识方面

智能体要共享有关问题求解方法的知识。

##### (4) 能力方面

智能体要就智能体之间的协调过程进行推理。



上述定义与马尔文·明斯基在《The Society of Mind》一书中的观点是比较吻合的。

#### (5) 意愿与动作方面

意向观点 (intentional stance) 是一种研究智能体的形式化方法<sup>[12]</sup>, 在表达相信等形态时是很有效的。

从多智能体协同工作环境 MACE 的角度看<sup>[13]</sup>, 则下列表述方式较为直观。

#### 定义 (MACE 中的智能体)

MACE 中的智能体被视为其基本组成单元, 它被定义为计算机的程序, 该程序应满足的条件有:

##### (1) 通信能力

它能够通过所规定的协议与其他智能体进行通信。

##### (2) 响应能力

它能够响应协议所定义的全部消息。

##### (3) 协作能力

它能够根据协议调用其他智能体的服务功能, 自然也应提供相应的功能给其他智能体, 以双向方式共同地协作。

这里协作是维系整个系统的必要环节, 同时它也与计算机网络的规律相吻合, 易于在 C/S 等平台上实现, 现有的许多计算机技术手段均可用来支持其构造。

智能体的分类可有若干种, 按照功能可划分为认知智能体和反应式智能体。按照体系结构可划分为系统级智能体和工具级智能体。多智能体系统的性质包括自治性、应激性、主动性、交互性、社会性等。

在多智能体系统中, 互相配合、共同协作的要求, 使智能体必须遵守一定的规则, 主要表现智能体的信念、义务、能力、意图等方面。

Shoham 的逻辑表示为

$B$ ——智能体的信念

$OBL$ ——智能体的义务

$CAN$ ——智能体的能力

$B_a^t\varphi$ ——智能体  $a$  在时刻  $t$  关于  $\varphi$  的信念, 即相信的程度

$OBL_{a,b}^t\varphi$ ——智能体  $a$  在时刻  $t$  关于智能体  $b$  的义务  $\varphi$

$CAN_a^t\varphi$ ——智能体  $a$  在时刻  $t$  的能力  $\varphi$

当然智能体是人工意义下的一种建模过程, 是对现实世界中存在着的事物的抽象, 其构造可从真实对象的特性中加以类比 (当然也并不局限于此)。在这方面理论研究也具有一定的深度, 例如, 智能体行为自信度的建模过程<sup>[15]</sup>。

多个自主机器人的协作系统是视觉智能体的一个直观的示例, 它的系统包含了分布式人工智能、多智能体系统、机器人视觉及相应图象处理、移动机器人控制等内容。[14] 文中所讨论的视觉引导下导航和跟踪控制系统, 就具有一定的代表性。为了解决两个机器人的跟踪避障问题, 该系统采取了自主式多智能体行为与离散事件系统描述相结合的方式, 导航和跟踪的信息是通过事件来描述, 并且事件集又分为不可控事件集和可控事件集。前者是观测信息, 来自传感器对环境的测量或受控体执行指令后的效果; 后者包括关于系统驱动装置的受控指令和系统不同部分之间的通信指令。机器人则用离