

人工智能技术 及其军事应用

王超 龙飞 张国 夏志军 王勃

编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

人工智能技术及其军事应用

王超 龙飞 张国 夏志军 王勃 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书介绍了人工智能的理论、技术、方法及其在军事领域的应用。全书共分12章,首先介绍了知识表示技术、搜索技术、基于知识的推理等人工智能传统原理与方法;然后介绍了近期发展起来的人工智能方法与技术,包括本体、智能体等;最后,对近年来人工智能技术在军事中的一些应用实例进行了重点介绍,包括专家系统、智能故障诊断系统、基于智能体的决策系统等。

本书可供从事人工智能研究与应用的科技工作者学习参考,也可作为高等院校相关专业本科生和研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能技术及其军事应用/王超等编著. —北京:国防工业出版社,2016.1

ISBN 978-7-118-10506-3

I. ①人... II. ①王... III. ①人工智能-军事应用

IV. ①E919

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第281760号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17¼ 字数 388 千字

2016年1月第1版第1次印刷 印数 1—2000册 定价 68.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是计算机科学的一个分支,是一门研究机器智能的学科,即人工的方法和技术,研制智能机器或智能系统来模仿、延伸和扩展人的智能,实现智能行为。

人工智能作为一门新兴的前沿学科,自 1956 年问世以来,经历了曲折的发展过程,人们一直在理想和实现的矛盾中探索着人工智能发展的有效途径和技术。伴随着社会进步和科技发展步伐,人工智能与时俱进,取得了许多引人注目的成就,并广泛应用于人们日常工作和生活的多个方面。智能化已经成为当今各种新产品、新装备的发展方向。

本书介绍人工智能的理论、技术、方法及其在军事领域的应用,在介绍知识表示技术、搜索技术、基于知识的推理等人工智能传统原理与方法之外,还阐述了新的特别是近期发展起来的人工智能方法与技术,如本体、智能体等。此外,本书用比较多的篇幅论述人工智能在军事中的应用,这些应用实例均是本书作者多年以来的科研成果。具体包括下列内容:

(1) 讨论智能与智能系统,说明人工智能的产生与发展,讨论人工智能各学派的认知观以及人工智能的研究与应用领域。

(2) 论述知识表示技术、基本的搜索方法和基于知识的推理方法,包括状态空间、谓词逻辑、产生式、框架、语义网络、图搜索、盲目搜索、启发式搜索、确定性推理、不确定性推理、模糊推理等。

(3) 介绍专家系统与决策支持系统。

(4) 介绍新的人工智能技术与方法,包括多 Agent 系统、数据仓库与数据挖掘等。

(5) 详细介绍了人工智能理论、技术与方法在军事领域中的应用,包括专家系统、本体技术、多 Agent 系统等多个军事应用实例。

本书可供从事人工智能研究与应用的科技工作者学习参考,也可作为高等院校尤其是军事院校相关专业高年级学生以及研究生的人工智能教材。

本书主要由王超、龙飞、张国、夏至军、王勃编写,梁义芝、林洪文、高成志、贺扬清、孙续文、王睿、徐佳、姚科明、吴志泉、徐亚光、蔡佳、程占昕、张永等为本书素材的收集、内容的编排、图表的绘制和文字的校对提供了大力支持,在此向他们表示衷心的感谢!

本书在编写过程中,参阅了大量书籍、论文,借鉴和吸纳了一些专家和学者的研究成果,在此一并致谢!由于时间和水平所限,难免存在错误和不足之处,敬请读者批评指正。

作者

目 录

第1章 绪论	1
1.1 智能与智能系统	1
1.1.1 认识智能	1
1.1.2 智能的定义	2
1.1.3 智能的特征	3
1.1.4 智能系统	3
1.2 人工智能的产生与发展	6
1.2.1 人工智能的定义	6
1.2.2 人工智能的起源、形成与发展	7
1.3 人类智能与人工智能	9
1.3.1 智能信息处理系统的假设	10
1.3.2 人类智能的计算机模拟	12
1.4 人工智能各学派的认知观	13
1.4.1 符号主义	14
1.4.2 连接主义	15
1.4.3 行为主义	16
1.5 人工智能实现的目标与前提	17
1.6 人工智能的研究与应用领域	20
1.6.1 问题求解	20
1.6.2 逻辑推理与定理证明	20
1.6.3 自然语言理解	21
1.6.4 自动程序设计	22
1.6.5 专家系统	22
1.6.6 机器学习	23
1.6.7 神经网络	23
1.6.8 机器人学	24
1.6.9 模式识别	24
1.6.10 机器视觉	25
1.6.11 智能控制	26
1.6.12 智能检索	26

1.6.13	智能调度与指挥	27
1.6.14	分布式人工智能与 Agent	27
1.6.15	计算智能	28
1.6.16	数据挖掘与知识发现	29
1.6.17	人工生命	30
1.6.18	系统与语言工具	30
第2章	知识表示技术	31
2.1	知识表示概述	31
2.1.1	什么是知识	31
2.1.2	知识的属性	32
2.1.3	知识的分类	34
2.1.4	知识表示	34
2.2	状态空间表示法	36
2.2.1	状态与操作	36
2.2.2	状态空间	37
2.2.3	状态空间表示法的特点	40
2.3	基于谓词逻辑的知识表示	41
2.3.1	命题逻辑	41
2.3.2	谓词逻辑	41
2.3.3	用谓词逻辑表示状态	42
2.3.4	用谓词逻辑表示操作	44
2.3.5	基于谓词逻辑的知识表示法的特点	45
2.4	产生式表示法	45
2.4.1	产生式的基本形式	45
2.4.2	产生式系统	47
2.4.3	产生式系统实例	50
2.4.4	产生式表示法的特点	51
2.5	框架表示法	51
2.5.1	框架理论	52
2.5.2	框架	52
2.5.3	框架网络	56
2.5.4	框架中槽的设置与组织	58
2.5.5	框架系统中求解问题的基本过程	60
2.5.6	框架表示法的特点	61
2.6	语义网络表示法	62
2.6.1	语义网络结构	62

2.6.2	知识的语义网络表示	63
2.6.3	语义网络中常用的语义关系	66
2.6.4	语义网络系统中求解问题的基本过程	67
2.6.5	语义网络表示法的特点	68
2.7	本体技术	69
2.7.1	本体的概念	69
2.7.2	本体的组成	69
2.7.3	本体的分类	70
2.7.4	本体的建模	70
第3章	搜索技术	73
3.1	搜索概述	73
3.2	图搜索策略	74
3.3	盲目搜索	76
3.3.1	宽度优先搜索	76
3.3.2	深度优先搜索	78
3.3.3	有界深度优先搜索	78
3.3.4	代价树搜索	80
3.4	启发式搜索	81
3.4.1	启发性信息和估价函数	81
3.4.2	最好优先搜索	82
3.4.3	局部择优搜索	83
3.4.4	A* 算法	83
第4章	基于知识的推理	85
4.1	基于知识的推理基础	85
4.1.1	演绎推理与归纳推理	85
4.1.2	逻辑推理与似然推理	86
4.1.3	单调推理与非单调推理	87
4.1.4	启发式推理与非启发式推理	87
4.1.5	模式匹配	87
4.2	推理的控制策略	89
4.2.1	推理方向	90
4.2.2	搜索策略	92
4.2.3	冲突消解策略	94
4.2.4	求解策略	96
4.2.5	限制策略	96

4.3	不确定性推理	96
4.3.1	不确定性的来源	96
4.3.2	不确定性推理中的基本问题	97
4.3.3	不确定性推理方法的分类	98
4.4	概率方法	99
4.4.1	概率的基本概念、性质和计算公式	99
4.4.2	概率推理方法	101
4.5	模糊推理	103
4.5.1	模糊理论	103
4.5.2	模糊命题与模糊逻辑	108
4.5.3	模糊知识与证据的表示	109
4.5.4	模糊推理的基本模式	109
4.5.5	模糊匹配	110
4.5.6	基于模糊变换的模糊推理	112
4.5.7	多维模糊推理的一般方法	113
第5章	专家系统	116
5.1	专家系统概述	116
5.1.1	专家系统的定义	117
5.1.2	专家系统的类型	118
5.2	专家系统的组成与结构	120
5.3	专家系统与传统计算机应用程序的不同	122
5.4	知识获取	126
5.4.1	知识获取的方法	127
5.4.2	知识的一致性与完整性	128
5.4.3	知识获取的新进展	130
5.5	专家系统的解释机制	131
5.6	专家系统开发方法	133
5.7	专家系统工具	134
5.8	专家系统的优点与目前存在的问题	135
第6章	多 Agent 系统	137
6.1	基本概念	137
6.1.1	Agent	137
6.1.2	多 Agent 系统	147
6.2	Agent 结构	152
6.2.1	Agent 的心理要素	152

6.2.2	Agent 基本结构	152
6.2.3	慎思 Agent	154
6.2.4	反应 Agent	155
6.2.5	混合结构 Agent	156
6.3	多 Agent 系统	159
6.3.1	多 Agent 系统的模型和结构	159
6.3.2	多 Agent 系统的协作、协商和协调	161
6.3.3	Agent 通信	163
6.3.4	多 Agent 系统的学习与规划	164
第 7 章	数据仓库与数据挖掘	166
7.1	数据仓库概述	166
7.1.1	数据仓库的概念	166
7.1.2	数据仓库结构	168
7.1.3	数据仓库的粒度	168
7.1.4	元数据	169
7.1.5	数据仓库系统	170
7.2	数据仓库的数据组织	171
7.2.1	由二维表到数据立方体	172
7.2.2	多维数据模型	173
7.3	数据仓库的数据访问	174
7.3.1	OLAP 定义	175
7.3.2	OLAP 与 OLTP	175
7.3.3	概念分层	175
7.3.4	OLAP 的决策支持	176
7.4	数据挖掘	178
7.4.1	数据挖掘的定义	178
7.4.2	知识发现与数据挖掘的关系	179
7.4.3	数据挖掘方法和技术	181
7.4.4	数据挖掘的决策支持	183
7.5	基于信息论的数据挖掘方法	185
7.5.1	信息论原理	185
7.5.2	基于互信息的 ID3 方法	189
第 8 章	水面舰艇作战软件战术检验专家系统	194
8.1	研究的内容和战术技术规格要求	194
8.2	系统总体设计	194

8.2.1	系统设计基本思想	195
8.2.2	系统结构设计	195
8.3	推理机设计.....	197
8.4	知识库设计.....	197
8.4.1	关于知识表示	198
8.4.2	关于知识库的总体结构	198
8.4.3	关于知识库管理系统	199
8.5	解释器设计.....	202
8.6	元控制器设计.....	203
8.7	数据结构设计.....	205
8.7.1	整体数据库	205
8.7.2	元控制表	206
8.7.3	关键变量特性表	206
8.7.4	知识库	207
8.7.5	匹配成功规则库	208
8.7.6	规则使用情况表库	208
第9章	本体技术在作战计划建模中的应用.....	209
9.1	作战计划表示需求.....	209
9.1.1	一致理解	209
9.1.2	智能处理	209
9.1.3	重复使用	210
9.2	作战计划本体模型分析.....	210
9.2.1	建模意义	210
9.2.2	组成元素	211
9.2.3	层次结构	211
9.3	作战计划本体模型构建方法.....	211
9.3.1	构建的策略	211
9.3.2	构建的流程	212
9.4	水面舰艇作战计划本体模型构建.....	214
9.4.1	构建分析	214
9.4.2	类层次创建	215
9.4.3	类属性确定	215
9.4.4	类间关系描述	216
9.4.5	形式化表示	217
第10章	基于故障树的舰载拖曳声纳故障智能诊断系统	220
10.1	故障树分析方法概述	220

10.1.1	故障树分析法的符号及含义	220
10.1.2	故障树建立的基本原则及方法	221
10.1.3	故障树建立的步骤	222
10.2	舰载拖曳声纳故障树的建立	222
10.2.1	电源故障树	222
10.2.2	机械装备故障树	223
10.2.3	功能性故障树	224
10.2.4	网络连接故障树	224
10.2.5	信号处理机故障树	225
10.2.6	控制台功能故障树	226
10.3	系统总体方案设计	226
10.3.1	系统需求分析	226
10.3.2	系统设计目标	227
10.3.3	系统体系结构	227
10.4	功能模块设计	229
10.4.1	用户管理功能模块	230
10.4.2	数据管理功能模块	230
10.4.3	维修记录管理功能模块	230
10.4.4	知识库管理功能模块	230
10.4.5	故障诊断功能模块	231
10.5	数据库设计	231
10.5.1	用户信息数据表设计	231
10.5.2	故障类别表设计	232
10.5.3	故障现象表设计	232
10.5.4	故障原因及排除方法表	232
10.5.5	故障诊断知识库表	233
10.5.6	维修记录表	233
第 11 章	基于 MAS 的舰艇编队协同防空决策系统	234
11.1	编队协同防空决策概述	234
11.1.1	指挥员是编队协同防空决策的主体	234
11.1.2	编队协同防空决策是动态决策过程	235
11.1.3	编队协同防空决策的不确定性	235
11.2	基于 Agent 的建模方法	236
11.3	编队协同防空决策系统设计	237
11.3.1	系统的结构与原理	237
11.3.2	系统组成	238

11.3.3 系统中智能体的结构和类型 240

11.3.4 多智能体通信 241

11.3.5 面向编队协同防空决策的 MAS 规划方法 244

第 12 章 基于 Agent 的驱护舰编队协同反潜仿真模型 248

12.1 驱护舰编队协同反潜概述 248

12.1.1 编队协同反潜的主要作战活动 248

12.1.2 编队协同反潜指挥的方式与整体性原则 248

12.1.3 编队反潜中的作战协同 249

12.1.4 编队协同反潜的影响因素 249

12.2 驱护舰编队实体 Agent 体系结构 250

12.2.1 实体 Agent 运行环境的特点 250

12.2.2 实体 Agent 的体系结构 251

12.2.3 基于 MBGT 的实体 Agent 认知模型 252

12.3 基于共同使命的编队反潜协同模型 254

12.3.1 基于组织观点的编队反潜多 Agent 系统 254

12.3.2 基于共同使命的编队协同反潜模型 256

参考文献 260

第1章 绪论

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是在计算机科学、信息论、控制论、系统论、神经生理学、心理学、语言学、数学、哲学等多种学科深入研究、相互渗透的基础上发展起来的,是一门综合性很强的边缘学科和前沿科学,也是一门新思想、新理论、新技术不断涌现的新兴学科。人工智能的出现及所取得的成就引起了人们的高度重视,并得到了很高的评价,人工智能与原子能和空间技术一起被誉为 20 世纪的三大科学技术成就。有人将其称为继三次工业革命后的又一次革命,前三次工业革命主要是延伸了人手的功能,把人类从繁重的体力劳动中解放出来,人工智能则是延伸了人脑的功能,实现脑力劳动的自动化。

1.1 智能与智能系统

人为万物之灵,灵就灵在人有一个“智能”的大脑,它可以使我们认识世界并指导我们去改造世界,进而使人类成为世界的主宰。但是,究竟什么是智能?特别是从工程技术角度(智能模拟角度)如何理解智能?人类的“智能”究竟是怎样产生的?人们能否制造一个“机械”系统来模拟它?怎样才能制造出这样一个“智能”模拟系统?对于这些问题,我们至今还不能说已有了一个让人彻底信服的答案。

1.1.1 认识智能

什么是“智能”?智能的本质是什么?这是古今中外许多哲学家、脑科学家一直在努力探索和研究的课题,但至今仍然没有完全解决,以致被列为自然界四大奥秘(物质的本质、宇宙的起源、生命的本质、智能的发生)之一。近些年来,随着脑科学、神经生理学等研究的进展,对人脑的结构和功能积累了一些初步认识,但对整个神经系统的内部结构和作用机制,特别是脑的功能原理还没有完全搞清楚,有待进一步的探索。在此情况下,要从本质上对智能给出一个精确的、可被公认的定义显然是不现实的。目前人们大多是把对人脑的已有认识与智能的外在表现结合起来,从不同的角度、不同的侧面、用不同的方法来对智能进行研究的,提出的观点亦不相同。其中影响较大的主要有思维理论、知识阈值理论以及进化理论。

思维理论来自认知科学。认知科学又称为思维科学,它是研究人们认识客观世界的规律和方法的一门科学,其目的在于揭开大脑思维功能的奥秘。该理论认为智能的核心是思维,人的一切智慧或智能都来自于大脑的思维活动,人类的一切知识都是人们思维的产物,因而通过对思维规律与方法的研究可望揭示智能的本质。

知识阈值理论着重强调知识对于智能的重要意义和作用,认为智能行为取决于知识

的数量及其一般化的程度，一个系统之所以有智能是因为它具有可运用的知识。在此认识的基础上，它把智能定义为在巨大的搜索空间中迅速找到一个满意解的能力。这一理论在人工智能的发展史中有着重要的影响，知识工程、专家系统等都是在这一理论的影响下发展起来的。

进化理论是由美国麻省理工学院的布鲁克(R.A.Brook)教授提出来的。1991年他提出了“没有表达的智能”，1992年又提出了“没有推理的智能”，这是他根据自己对人造机器动物的研究与实践提出的与众不同的观点。该理论认为人的本质能力是在动态环境中的行走能力、对外界事物的感知能力、维持生命的繁衍生息的能力，正是这些能力对智能的发展提供了基础，因此智能是某种复杂系统所浮现的性质。智能由系统总的行为以及行为与环境的联系所决定，它可以在没有明显的可操作的内部表达的情况下产生，也可以在没有明显的推理系统出现的情况下产生。该理论的核心是用控制取代表示，从而取消概念、模型以及显示表示的知识，否定抽象对于智能及智能模拟的必要性，强调分层结构对于智能进化的可能性与必要性。目前这一观点尚未形成完整的理论体系，有待进一步的研究，但由于它与人们的传统看法完全不同，因而引起了人工智能界的注意。

综合上述各种观点，可以认为智能是思维能力与水平(即智力)、知识数量与水平、行为能力与水平的总和，这三个方面是智能的三种体现。

1.1.2 智能的定义

有多种定义智能的方法：

(1) Fogel 等人提出：“智能是一个人有目的地以某种很好的方式使用这个有用的信息的能力。”有用的信息就是知识。

(2) Lenat 和 Feigenbaum 认为，智能是一种在巨大的解空间中迅速找到问题的解的能力。一个系统之所以能体现智能理解和智能行为，主要是它能够利用专业领域的概念、事实、表示、方法、模型以及领域的启发式知识等。

(3) 《辞海》中的定义，“智能是指认识客观事物并运用知识解决实际问题的能力，集中表现在反映客观事物深刻、正确、完全程度上和应用知识解决实际问题的速度和质量上，往往通过观察、记忆、想象、思考、判断等表现出来。”

(4) 各种智能行为的罗列：运用自己的知识去应付新情况解决新问题的能力；学习的能力；预见新问题的能力；创造新的相互关系的能力；抽象思维的能力；用智力测验或其他社会标准测量出来的能力。

(5) 从工程技术角度上讲，可以把智能集中理解为：能获取存储知识并运用知识解决问题的能力。

《辞海》中将智能定义为“认识客观事物并运用知识解决实际问题的能力”，智能的水平则体现在“反映客观事物深刻、正确、完全程度上和应用知识解决实际问题的速度和质量上”，并认为智能可以“通过观察、记忆、想象、思考、判断等表现出来”。

从工程技术角度给出的智能的定义，既深刻说明了智能的本质，又为智能模拟即人工智能的实现指明了技术途径，从这个定义出发，智能模拟就是要模拟获取知识的能力、存储知识的能力以及运用知识解决问题的能力。

1.1.3 智能的特征

(1) 具有感知能力。

感知能力是指人们通过视觉、听觉、触觉、味觉、嗅觉等感觉器官感知外部世界的能力。感知是人类最基本的生理、心理现象，是获取外部信息的基本途径，人类的大部分知识都是通过感知获取有关信息，然后经过大脑加工获得的。可以说如果没有感知，人们就不可能获得知识，也不可能引发各种各样的智能活动。因此感知是产生智能活动的前提与必要条件。

(2) 具有记忆与思维能力。

记忆与思维是人脑最重要的功能，亦是人类之所以拥有智能的根本原因所在。记忆用于存储由感觉器官感知到的外部信息以及由思维所产生的知识；思维用于对记忆的信息进行处理，即利用已有的知识对信息进行分析、计算、比较、判断、推理、联想、决策等。思维是一个动态过程，是获取知识以及运用知识求解问题的根本途径。

思维可分为抽象思维(逻辑思维)、形象思维(直感思维)以及顿悟思维(灵感思维)，其中抽象思维和形象思维是两种基本的思维方式。记忆与思维总是相随相伴，其物质基础都是由神经元组成的大脑皮质，通过相关神经元此起彼伏的兴奋与抑制实现记忆与思维活动。

(3) 具有学习与自适应能力。

学习是人的本能，每个人都在随时随地地进行着学习，既可能是自觉的、有意识的，也可能是不自觉、无意识的；既可以是由教师指导的，也可以是通过自己的实践。总之，人人都在通过与环境的相互作用，不断地进行着学习，并通过学习积累知识、增长才干，适应环境的变化，充实、完善自己。只是由于各人所处的环境不同，条件不同，学习的效果亦不相同，体现出不同的智能差异。

(4) 具有行为能力。

人们通常用语言或者某个表情、眼神及形体动作来对外界的刺激做出反应，传达某个信息，这称为行为能力或表达能力。如果把人们的感知能力看作是用于信息的输入，则行为能力就是信息的输出，它们都受到神经系统的控制。

1.1.4 智能系统

人脑是一个天然的智能系统，我们要模拟人脑就是要制造一个人造的智能系统，用这个智能系统来进行智能模拟。

所谓“系统”，就是由相互作用和相互依赖的若干组成部分按一定规律结合成的、具有特定功能的有机整体。

系统具有下面的特征：

(1) 集合性。系统是由许多元素按照一定方式组合起来的。

(2) 关联性。系统的各个组成部分之间是互相联系，互相制约的，不是相互无关的个体的随意堆积。

(3) 功能性。系统总是具有特定功能的，特别是人所创造或改造的系统，总有一定的目的性，各元素正是按这个目的组织起来的。

(4) 环境适应性。任何系统总是存在并活动于一个特定的环境之中，与环境不断进行物质、能量、信息的交换。系统必须适应环境。

在此基础上，我们认为，不论是天然的智能系统还是人造的智能系统，从工程技术角度看，都应由下列缺一不可的三个部分构成。

1. 合理的物理结构——智能行为的物质基础

能够实现智能的天然系统和人造系统，都应具有一个实实在在的物理结构系统。结构不同，能够实现的智能程度也不同。人的神经网络系统是一种天然的物理结构系统，就智能行为而言，它是一个完善的系统；猴子的神经系统也是一个天然的物理结构系统，就智能行为而言，它是一个比人的神经系统逊色的系统；计算机的硬件体系是一个人造的物理结构系统，就智能行为而言，它是现实中一个值得考虑并应不断改进的系统。合理的物理结构系统是智能行为的物质基础，没有这个物质基础，智能就没有生存之地。

2. 完善的知识系统——智能行为的理论基础

知识是智能的重要组成部分，是智能行为的理论基础，没有知识就谈不上智能，知识是思维的产物更是思维的基础，它在智能体的智能行为过程中具有十分重要的地位，这已经是没有异议的问题了。我们讲“尊重知识，尊重人才”，是强调知识在天然智能体——人中的重要作用。在智能模拟工程领域中，人们将“知识工程”作为人工智能研究的一个“核心领域”，并有人称智能机为知识处理机，也充分可见人们已确认知识在智能模拟中处于十分重要的地位。

已有的智能研究业已证明，知识是智能的重要组成部分，没有知识的系统很难谈及智能，因此，知识是智能产生的基本条件之一，而且，对于一个具有思维和智能的人来说，它通常又是一种“开放系统”。智能体的知识要通过与外界的不断的“信息交流”而获得，也会由于某种原因被“丧失”或“修正”。一个具有高度智慧的智能体，正是在不断的与外界进行信息交流的过程中(获取与运用知识的过程中)获得和维持其完善的知识系统的。

3. 健全的思维机制——智能行为的行为基础

在充分肯定知识在智能系统中的重要地位的同时，我们认为，知识并不等于智能。因为从一定意义上讲，智能是一种能力，是一种学习能力、理解能力、记忆能力、思维能力、分析问题和解决问题的能力、认识世界和改造世界的能力。即使我们把关于知识获取和知识运用的知识也广义地理解为知识，知识与智能之间还是有区别的。因为智能是一种“动态”行为，特别是一种“思维”行为，一种知识和经验的综合运用过程。

有时，我们把智能行为集中理解为一种“思维”行为，是因为从本质上讲，思维确实是一切智能行为的一个“核心”。没有有意识的思维，智能体根本不会产生出智能行为。人们常讲的直感和灵感，也应该是一种思维活动。而我们研制智能机器最关键的一点，也是希望机器能具有模拟人类“思维”的功能。

思维从本质上讲主要是智能体运用自身知识对信息加工的一种过程。但从智能模拟工程，特别是知识工程角度来看，我们觉得还是把思维能力理解为能获取和运用知识的能力为好。

如果说在某种程度上讲，知识的形式化是人工智能的一个重要课题，那么如何将人的各种能力传递给智能体则是更加重要的。现在使用的推理技术远远谈不上人的能力的

体现。目前人们在处理问题时常使用的推理方法有以下几种：

(1) 演绎推理，这是指按逻辑推出结论的推理方法。例如：

三段论推理：若“如果A则B”和A为真，则可推出B为真。

反证法推理：若“如果A则B”和B为假，则可推出A为假。

传递律推理：若“如果A则B”和“如果B则C”，则可推出“如果A则C”为真。

(2) 归纳推理：这是一种从一个足够大的局部知识推断(或推广)为全局知识的方法。

(3) 联想与类比：这是从一些已知事物的知识去推断与该事物相似(或相近)的其他事物的知识的方法。

(4) 综合与分析：从事物的微观的、各部分的知识推断其宏观的、总体的知识的方法称为综合；相反地，从事物宏观、总体知识推断其微观、各部分的知识的方法称为分析，二者是人类常用的推理方法。

(5) 假设与验证：根据经验做出假设，再用逻辑推理或实践方法去检验，去证明假设的正确，或否定假设，或部分修改假设再去验证，这也是一种推理方法，也可称为试探推理法。它也是人类获得新知识的方法。

(6) 预测与外延：这是从时间和空间进行推断的方法。预测是从时间上、按过去与现在推断未来，外延是从局部之内的知识推断局部之外的知识。

(7) 直觉与灵感：人们有时能在一瞬间完成推理，就靠直觉或灵感。这种推理的机制到目前还没有研究得很透彻，是把人脑中已有的知识或已有的上述几种推理方式综合运用来实现的。

人工智能中的推理技术的理论基础是演绎推理，其本质是推理的结论(推出的知识)是已知的知识(蕴含在前提中)，不是像人一样用归纳法等其他推理方法推出未知知识。

剖析所有的智能系统，无论是天然的还是人造的，无论是大的还是小的，无论其智能程度是强的还是弱的，我们认为，上述三个基本条件都是必要的、缺一不可的。因此，一般把智能系统的物理结构、知识系统、思维机制概括地称为智能系统的三要素，是构成一个智能系统必不可少的主要特征。

作为一个完善的智能系统，还应具有其他一些功能和特性，比如：自学习、自适应、自组织功能，容错性与鲁棒性，多功能特性与快速反应性等。人们一般不认为今天广泛应用的能完成复杂数学运算的计算机是智能机，因为它们只是机械地按照人编制的计算步骤一步一步运算，机器本身并无智能。而那些具有初级自适应性听觉和视觉功能的计算机有人认为是智能机，可见人们现在所认为的智能机，从外部功能上讲，主要是希望它要比现有的计算机有更多的灵活性和适应性；从应用上讲，所解决的问题也要有更深刻更复杂的内容。即是说智能机应能像一个有知识的人类专家一样，去处理生产、科研和管理中的一些需要智慧决策的难题，起到一个人类专家的类似作用并且具有自学习和自组织功能。

人的大脑是公认的最完美的天然智能系统，从智能系统三要素来分析，人的智能系统最显著的特征如下。

(1) 在物理结构上，人脑是一个由海量神经元组成的巨系统，它由大约 $10^{10} \sim 10^{11}$ 个神经细胞(神经元)和与之相比多得多的胶质细胞组成，是一个庞大而复杂的天然物理系统。这个系统的“元件”之多远远超出了任何一个机器系统，“元件”之间的联系之复杂