

杨 慧 丁建立 编著

人工智能 及其在民航中的应用

中国民航出版社

TP18
4

人工智能及其在 民航中的应用

杨慧 丁建立 编著

中国民航出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

人工智能及其在民航中的应用/杨慧, 丁建立编著.
—北京: 中国民航出版社, 2005.5
ISBN 7-80110-651-2

I. 人…

II. ①杨…②丁…

III. 人工智能-应用-民用航空-高等学校-教材

IV. V19-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 023125 号

人工智能及其在民航中的应用

杨慧 丁建立 编著

出版 中国民航出版社
社址 北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)
发行 中国民航出版社 新华书店经销
电话 (010) 64290477
照排 中国民航出版社照排室
印刷 今典印刷有限公司
开本 787×960 1/16
印张 17.25
字数 300 千字
印数 1000 册
版本 2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

书号 ISBN 7-80110-651-2/V·212
定价 35.00 元

(如有印装错误, 本社负责调换)

前 言

现实世界中问题的复杂性、约束性、非线性、多极值、建模困难等特点，使得寻求一种适合于大规模并行处理且具有智能特征的算法已成为目前国际学术研究的热点和引人注目的研究方向。人工智能通过模拟、揭示某些自然现象或过程而得到发展，涉及数学、物理学、生物学、神经科学和统计力学等许多方面，为解决复杂问题提供了新的思路 and 手段。

本书共分 13 章，从知识的表示与处理、搜索算法、推理技术、机器学习与知识获取、智能系统规划，到模糊理论、智能 Agent、神经网络、遗传算法、蚂蚁算法，以及人工智能理论在民航系统中的应用等，涵盖了目前人工智能领域中正在研究和探讨的主要工具和方法。在原理的揭示上更注重从生物机理和自然规律出发，着重各种智能方法的模型描述，重视理论与应用的结合。书中诸多方法展示了目前国内外众多学者的最新研究成果，凝聚了作者多年来科研成果的结晶。

但人工智能研究历史毕竟较短，理论尚不完善，模型对问题具有依赖性，算法的参数选择更多的是依靠实验和经验，很多方法仍停留在对已有问题的测试和验证，有针对性的实际应用成果还比较少。因此，本书对于正在研究和发展中的人工智能来说，若能起到抛砖引玉的作用，吸引更多的研究者加入到这个领域，作者会感到是最大的成功。

本书参照了《中国计算机科学与技术学科教程（2002）》的要求，并结合当前的研究热点和发展方向进行撰写。书中第 11 章由

丁建立撰写，其余的章节均由杨慧撰写。由于作者学识水平有限，加之人工智能的研究发展较快，书中错误在所难免，敬请专家和读者不吝赐教和帮助。

民航学院青年教师张敏、熊育婷、肖春景参与了本书的录入和排版工作，在此表示衷心的感谢。同时还感谢中国民航出版社给予本书出版的大力支持。

作者

2004年12月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 人工智能的起源	1
1.2 智能机械的发展	2
1.2.1 智能性机械	2
1.2.2 智能系统	3
1.3 人工智能的定义	4
1.4 人工智能的研究与应用领域	5
1.4.1 机器学习	5
1.4.2 人工神经网络	6
1.4.3 遗传算法	6
1.4.4 自然语言理解	7
1.4.5 专家系统	7
1.4.6 博弈	7
1.4.7 数据库的智能检索	8
1.4.8 机器人学	8
1.4.9 Agent 系统	9
1.4.10 蚂蚁算法	9
1.5 小结	10
习题 1	10

第 2 章 知识表示与处理	11
本章要求	11
2.1 引言	11
2.1.1 知识表示的基本概念	11
2.1.2 人工智能系统所关心的知识	12
2.2 谓词逻辑表示法	12
2.2.1 用谓词公式表示知识	13
2.2.2 谓词逻辑表示知识的特点	14
2.3 产生式表示法	14
2.3.1 产生式的知识表示	14
2.3.2 产生式系统的组成	15
2.3.3 产生式系统的推理	16
2.4 语义网络表示法	17
2.4.1 语义网络的表示	17
2.4.2 语义网络的推理	18
2.4.3 语义网络的时序表示方法	19
2.5 框架表示法	20
2.5.1 框架的构成	20
2.5.2 框架的推理	21
2.5.3 框架知识表示的特点	22
2.6 面向对象的表示方法	22
2.6.1 面向对象的知识库	22
2.6.2 知识表示中对象的基本结构	24
2.7 状态空间表示法	24
2.7.1 问题状态描述	24
2.7.2 图的基本概念	25
2.7.3 状态空间表示举例	25
2.8 与或树表示法	26
2.9 小结	29
习题 2	30

第3章 搜索算法	32
本章要求	32
3.1 搜索的概念和方法	32
3.2 状态空间搜索算法	34
3.2.1 状态空间图的搜索算法	34
3.2.2 宽度优先搜索	36
3.2.3 深度优先搜索	38
3.2.4 启发式搜索	40
3.2.5 A^* 算法	43
3.3 其他搜索算法	45
3.3.1 分支界限法	45
3.3.2 与或图搜索算法	45
3.3.3 极大极小搜索算法	46
3.3.4 $\alpha-\beta$ 搜索算法	46
3.4 小结	46
习题3	48
第4章 推理算法	51
本章要求	51
4.1 谓词逻辑推理	52
4.1.1 谓词逻辑	52
4.1.2 谓词演算	53
4.1.3 谓词公式	54
4.1.4 置换与合一	55
4.1.5 归结推理	57
4.2 规则演绎推理	67
4.2.1 推理控制策略	67
4.3 主观贝叶斯方法	71
4.3.1 基本贝叶斯公式	71
4.3.2 主观贝叶斯推理计算	73
4.3.3 推理网络	78
4.4 证据理论	80

4.5 小结	85
习题4	86
第5章 机器学习与知识获取	87
本章要求	87
5.1 机器学习概述	87
5.1.1 机器学习的基本概念	87
5.1.2 机器学习的发展历史	88
5.1.3 机器学习分类	89
5.2 归纳学习	92
5.2.1 示例学习	92
5.2.2 观察与发现学习	96
5.3 基于解释的学习	97
5.3.1 基于解释的泛化 (EBG)	97
5.3.2 基于解释学习的若干基本问题	99
5.4 知识获取与数据挖掘	99
5.4.1 定理发现	100
5.4.2 知识发现与数据挖掘	102
5.5 小结	107
习题5	108
第6章 智能规划	109
本章要求	109
6.1 规划的作用与任务	109
6.1.1 规划的概念	109
6.1.2 规划的作用与问题分解途径	109
6.2 基于谓词逻辑的规划	111
6.2.1 规划世界模型的谓词逻辑表示	111
6.3 STRIPS 规划系统	113
6.3.1 积木世界的机器人规划	113
6.3.2 STRIPS 系统规划	117
6.4 分层规划	119
6.4.1 长度优先搜索	119

6.4.2 NOAH 规划系统	120
6.5 应用实例：基于智能规划的时间表	121
6.6 小结	125
习题 6	126
第 7 章 模糊理论和模糊知识表示	127
本章要求	127
7.1 模糊的概念	127
7.2 模糊逻辑和模糊知识表示	128
7.2.1 模糊知识表示	128
7.2.2 模糊集合	129
7.2.3 模糊关系	133
7.2.4 语言变量	133
7.3 模糊逻辑推理	134
7.4 小结	141
习题 7	142
第 8 章 智能 Agent 与移动 Agent	143
本章要求	143
8.1 智能 Agent 概念和性质	143
8.1.1 智能 Agent 概念	143
8.1.2 智能 Agent 性质	144
8.2 Agent 的分类	145
8.2.1 按功能分类	145
8.2.2 按系统规模分类	145
8.3 Agent 的基本结构	146
8.3.1 认知型 Agent	147
8.3.2 反应型 Agent	148
8.3.3 混合型 Agent	149
8.4 多 Agent 与 Agent 通信	150
8.4.1 多 Agent 系统特性	150
8.4.2 多 Agent 系统模型和体系结构	151
8.4.3 多 Agent 系统的协作和协调	151

8.4.4 多 Agent 系统的通信	151
8.5 移动 Agent	153
8.5.1 移动 Agent 的定义	153
8.5.2 移动 Agent 的特点	153
8.6 移动 Agent 在搜索引擎中的应用	154
8.7 Agent 在空中交通管理系统的应用	157
8.8 小结	159
习题 8	160
第 9 章 人工神经网络	162
本章要求	162
9.1 人工神经网络的基本知识	162
9.1.1 起源和发展	162
9.1.2 国内外研究和应用现状	163
9.1.3 人工神经网络定义	164
9.1.4 神经元是高度并列分散处理系统	164
9.1.5 神经元学习	165
9.2 神经网络模型及工作原理	167
9.2.1 人工神经元的基本工作原理	167
9.2.2 人工神经元的响应特性	168
9.2.3 网络模型	169
9.3 学习模型	173
9.3.1 自然神经元、神经网络的学习	173
9.3.2 人工神经网络的学习	174
9.4 反向传播算法	177
9.4.1 感知器	177
9.4.2 多层网络反向传播法 BP	185
9.4.3 学习算法的改进	191
9.5 小结	193
习题 9	194
第 10 章 遗传算法与智能	195
本章要求	195

10.1 遗传算法的特征与发展	195
10.1.1 遗传算法的特点	196
10.1.2 遗传算法所研究的问题	197
10.1.3 遗传算法的应用领域	197
10.2 遗传算法的基本模型	198
10.2.1 遗传编码	199
10.2.2 适应函数	201
10.2.3 遗传操作及遗传算法应用	202
10.3 基于遗传算法的机器学习	206
10.4 小结	207
习题 10	208
第 11 章 蚂蚁算法	209
本章要求	209
11.1 引言	209
11.2 蚂蚁群体的生物特征	210
11.3 蚂蚁算法的原理	211
11.4 蚂蚁算法的特点	212
11.5 蚂蚁算法定义与求解步骤	213
11.6 蚂蚁算法的优化模型	214
11.6.1 AS 模型	214
11.6.2 ACS 模型	214
11.6.3 MMAS 模型	217
11.7 蚂蚁算法模型的评价	217
11.8 蚂蚁算法研究进展	218
11.9 蚂蚁算法可研究问题	220
11.10 小结	221
习题 11	221
第 12 章 人工智能在民航中的应用	222
12.1 人工智能与飞机发动机故障诊断技术	222
12.2 人工智能与民航信息系统	227
12.3 基于状态分类评价的飞机发动机故障诊断专家系统	228

12.3.1	概述	228
12.3.2	数据采集系统	229
12.3.3	专家系统的构造	229
12.3.4	状态分类器	230
12.3.5	定量诊断方法	230
12.3.6	定性诊断方法	231
12.3.7	诊断决策支援	232
12.4	D-S 算法在发动机故障诊断中的应用	232
12.4.1	系统结构和知识处理	232
12.4.2	软件处理和推理逻辑	234
第 13 章	神经网络在民航中的应用	239
13.1	BP 神经网络与发动机故障诊断	239
13.2	Kohonen 网络在飞机发动机故障诊断中的应用	240
13.3	应用神经网络诊断航空发动机气路故障的前景	241
13.4	改进的 BP 神经网络在发动机故障诊断中的应用	241
13.4.1	典型 BP 算法收敛性的讨论	242
13.4.2	典型的 BP 算法收敛曲线	246
13.4.3	BP 算法的改进	247
13.4.4	算法评估	254
13.4.5	ASFBP 算法的应用	255
附录		260

第 1 章 绪论

人工智能是计算机科学、神经生理学、心理学、控制论、信息论、认知学、语言学、数学等多种学科互相渗透而发展起来的一门综合性学科，迄今为止走过了 50 年的历程。虽然对什么是人工智能，学术界没有标准的定义，但就其本质来讲人工智能是研究如何制造智能机器或智能系统，用以模拟人类智能活动，以延伸人类智能的科学。就学科而言，人工智能是计算机科学中研究、设计和应用智能机器的一个分支，近期主要目标在于研究用机器来模仿和执行人脑的某些智能功能，并开发相关的理论和技术。就其能力而言，人工智能是智能机器所执行的通常与人类智能有关的功能，例如判断、识别、推理、证明、感知、理解、规划、学习和问题求解等思维活动。

目前人工智能研究主要有两个途径：

- (1) 计算机科学家们提出的从模拟人类脑功能的角度来实现人工智能；
- (2) 心理学家、生理学家们提出的从模仿生物大脑神经元模型着手，弄清大脑的结构，揭示生物智能的奥秘，通过模仿生物的活动过程实现人工智能。

无论从哪个角度研究人工智能，目前都存在着一定的困难，人类智能涉及信息描述和信息处理的复杂过程，因此实现人工智能是一项艰巨的任务。尽管如此，这门科学还是引起了各个行业相关人员的浓厚兴趣，特别是在计算机科学和技术日益发展、计算机应用普及的情况下，人工智能中的两个研究途径也开始从研究走向实践阶段。本书重点从上述两个方面介绍人工智能的基础理论及其人工智能在民航中的应用。

1.1 人工智能的起源

人工智能的历史应该追溯到 20 世纪的三四十年代，当时，丘奇（Church）、图灵（Turing）和其他一些人关于计算的本质思想，揭示了形式

推理概念与计算机之间的联系。“人工智能”这一术语的问世是在 1956 年的历史性聚会上，会上美国年轻的学者麦卡锡（McCarthy）等首次使用人工智能这一术语，在会上讨论用机器模拟人类智慧的问题，会议标志着人工智能的诞生。

1969 年国际人工智能联合会（International Joint Conference on AI）成立，并召开首次学术会议，此后每两年召开一次。1970 年人工智能杂志《*International Journal of AI*》创刊。这些国际学术活动极大地促进了人工智能的研究与发展，经过近年来的不断摸索，人工智能已经由基础理论向实际应用迈进了一大步。

1.2 智能机械的发展

1.2.1 智能机械

近年照相机的使用变得越来越轻松，一点都没有学习过摄影知识的人，也能够照出效果非常好的照片。而 80 年代初的照相机，对于初学照相的人们来讲，不仅要考虑到天气、亮度和被照物体的角度，还要学习选择胶卷的感光度，以及光圈、焦距等设定的方法。照相的知识可以从书本、杂志等学到，然后还需要积累经验。否则，即使很简单的照片没有技巧也照不好，因此要想照好照片就需要有点智能性的知识。如今，简易的照相机光是照相的话，无需光圈、焦距等那些复杂的设定，只需摆好姿势按动快门就可以照出相当不错的照片。这样的照相机和以前的照相机相比，可以说是相当“智能化的”照相机了，因此可以称为智能照相机或机器人照相机。这种简易的照相机在当初刚一上市时，便被称为是装有人工智能的照相机。不过，如果称类似这样的智能机械就是机器人的话，那么现在的电饭锅、电水壶、洗衣机等都可以称为智能机器人了。

现如今这样的照相机已经不被视为智能化的机械了，但因为它的工作状态容易理解，所以我们不妨把它作为智能对象来进行考察。

使“智能照相机”能够成立的机能分为三大部分：

- (1) 认知对象的状况和照相机本身的状况（认识）；
- (2) 通过状况的组合决定照相机的动作（推理、判断）；
- (3) 动作的执行（行动）。

其中，(1) 部分的机能主要包括：对象背景的光亮度、距离等外部情况

的测量,相机内所装胶卷的感光度,以及镜头自身 f 值的状况等的认知过程。亮度可以用传感器简单地辨别,可是当视野内物景的明暗差别非常大时,就不那么容易区分了,需要下一番功夫。胶卷的感光度由胶片盒读取。然后,经过上述得到的亮度、感光度等组合,由照相的设定机构决定焦距的调节,这就是简单照相机的判断部分(2)。基于这个判断,相机自动调节装置开始工作,结合曝光时间长短快门自动打开。

照相机和对象之间距离的计算测量,摄入镜头画像(1)与焦点是否吻合,一边进行判断(2),一边调节镜头装置(3),经过对镜头位置的反复设定,确定最佳位置。上述步骤并非单个独立完成,而是彼此之间相互影响、反复协调才能完成。当然对于焦距较远的镜头,大概的调节就可以了。

1.2.2 智能系统

智能系统一般认为包括以下三个步骤:

- (1) 认知(sensing and perception);
- (2) 推理判断(inference and reasoning);
- (3) 行动(action)。

至今为止人工智能所研究的中心内容是第二部分。人工智能之所以按照这个步骤考虑,是取决于分析智能的方法。首先,对与外部环境的认知一般使用感知器,有时自身的认知也使用感知器,这被称为是第一个步骤。而外部环境和自身情况的配合则称之为状态,因此状态识别也就是推理判断步骤。从输入的数据中,通过怎样的判断和行动才能得到所需要的知识,这就是状态识别。这样的技术可以用一般的模式识别方法实现,这是一般的识别问题。我们的眼睛类似于照相机的方面很多,从这个角度上看,视网膜上的图像就好比输入的数据。例如有小虫在飞,我们看到虫子后大脑开始动作,对视网膜上的图像进行分析和判断是哪种虫子。如果从人工智能上讲,这类类似于第二步推理判断。但是青蛙的视神经在认识阶段就已经根据输入的特征发出信号,反射性地伸出舌头捕捉虫子。因此认知本身也包含了知的成分,怎样理解认知的问题,不是像电视那样单纯地将接受的光信号直接转为输出,而是通过感知器对状态进行识别。人工智能问题自开始以来就有从哲学的角度去议论,从物理的角度去研究的说法。

对于观察到的外界状况和对外界状态的认识,经过推理和判断后决定行动等,是人类一般智能活动的代表行为。而当必需的情报不能满足,或有干扰等不稳定的因素存在时,人类还必须运用巧妙的识别方法对问题进行认

识，在此基础上对问题进行推理和判断，依据判断结果启动类似于马达的驱动器或效果器得出结论，此时的结果必然要受到判断的影响，因此从状况认识开始直到判断和决定行动的整个过程被称之为认知行为。

50年代后半时期人工智能的研究开始以推理和判断为中心，在这种情况下，不拘泥于采集数据的手段，主要为得到决定状态的认知，因此认知作为推理、判断的前处理，只要对象世界能用数学模型表示出来，就能够用计算机模拟。虚拟现实（virtual reality）技术就是将人的感觉输入通过模拟置换来实现的。计算机博弈是在人工智能初期开始研究的，根据盘面的状况（棋局）就能决定下一步走棋。像这样的游戏，从盘面棋子布局的读取（1）到实际走棋，行动上（3）没有本质的变化，从目前的局面到决定如何走下一步棋是以（2）为中心的，作为人工智能的对象研究比较简单。

对于人类声音识别、图像识别等在（1）、（2）、（3）中，是属于（1）的，但是作为人工智能研究领域，物理的声音信号、光情报等输入对象，则是通过识别技术以认知方法为中心进行研究的。例如：对于声音的识别转换成文字，对于文字串的识别用句子的形式表现等均属于声音识别类。表层的音作为输入，对应的文字生成技术可以认为是推理、判断（2）的问题。但是，语言的意思、前后文的情况不理解，常常导致声音不能识别，对此行动（意思理解）（3）也会受到影响。还有声音中还存在着噪音，别人的声音可能也会听到，因此，在实际声音识别中通过用麦克风录音等，对需要识别的声音输入要求非常严格。通过上述可以看出，人类的识别问题（3），如果让机器来做，也需要推理、判断（2）和行动（3）的配合才能完成，这就是构成。人工智能的研究也就是站在分析的立场和构成的立场，在两种场合下一边思考一边前进。

1.3 人工智能的定义

美国斯坦福大学人工智能研究中心尼尔逊教授对人工智能下了这样一个定义：“人工智能是关于知识的学科——怎样表示知识以及怎样获得知识并使用知识的科学。”而美国麻省理工学院的温斯顿教授认为：“人工智能就是研究如何使计算机去做过去只有人才能做的智能工作。”这些说法反映了人工智能学科的基本思想和基本内容。即人工智能是研究人类智能活动的规律，构造具有一定智能的人工系统，研究如何让计算机去完成以往需要人的智力才能胜任的工作，也就是研究如何应用计算机的软硬件来模拟人类某些