

卓越工程师计划：软件工程专业系列丛书

人工智能

实用教程

罗忠文 杨林权 向秀桥 编著



科学出版社

卓越工程师计划:软件工程专业系列丛书

人工智能实用教程

罗忠文 杨林权 向秀桥 编著

科学出版社

北京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书包含当前人工智能(AI)研究的主要内容,尤其强调实际应用,涉及机器学习等许多最新应用领域。全书共10章,分别讲述了人工智能的历史、智能体、启发式搜索、对抗搜索、马尔可夫决策过程、机器学习、概率推理等内容。

本书适合高等学校计算机、自动化等信息学科的本科生和研究生阅读,也适合广大人工智能爱好者自学使用,也能为人工智能研究人员了解各种算法的设计思路 and 具体实现框架提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能实用教程/罗忠文,杨林权,向秀桥编著. —北京:科学出版社,2015.11
ISBN 978-7-03-046165-0

(卓越工程师计划:软件工程专业系列丛书)

I. ①人… II. ①罗… ②杨… ③向… III. ①人工智能—教材 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 256616 号

责任编辑:张颖兵 闫 陶/责任校对:董艳辉

责任印制:高 嵘/封面设计:苏 波

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市新华印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2015年11月第 一 版 印张:8 1/4

2015年11月第一次印刷 字数:176 400

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

研发计算机的初衷就是要在一定程度上将人的智能赋予机器,故而,一直以来人工智能都是计算机的重要研究方向。近年来,随着互联网和移动设备的发展与普及,人工智能的应用也更加深入日常生活中;同时人工智能在国防、科技、教育、社会发展等各方面都有重要应用。本书作为一本强调实践可行性的人工智能教材,将更多以实例的形式来介绍人工智能的基本方法,并在内容的选取上着重介绍目前一些主流的方法。

本书主要特点有两方面。其一是理论结合实际,在各章节中都引入一些人工智能的实际例子;其二是以吃食物游戏作为例子,来讲解人工智能的各种方法,从而保持一定的体系完整。

当然,作为一本引论性质的教科书,在材料选取上必须有所取舍,这些取舍一定程度上体现了作者的偏好,是作者看问题的一个角度。因此,在选材和其他方面难免存在不足之处,欢迎读者对本书提出批评和建议。

本书编写过程中,朱欢欢、齐维丽做了大量前期准备工作,刘敏也做了一些工作,在此表示感谢。

罗忠文
2015年4月

目 录

第 1 章 引论	1
1.1 概述	1
1.2 人工智能简史	2
1.3 人工智能的研究途径及主要方法	3
1.4 人工智能发展趋势	4
第 2 章 智能体	5
2.1 智能体	5
2.2 性能度量	6
2.3 任务环境的属性	6
2.4 常见智能体	7
2.4.1 反射智能体	7
2.4.2 基于目标的智能体	8
第 3 章 搜索	10
3.1 问题求解智能体	10
3.1.1 定义明确的问题及解	11
3.1.2 问题的形式化	12
3.2 一般搜索系统	12
3.3 无信息搜索策略	15
3.3.1 广度优先搜索	15
3.3.2 一致费用搜索	16
3.3.3 深度优先搜索	17
3.3.4 深度受限搜索	18
3.3.5 迭代深入搜索	19
3.4 启发式搜索	20
3.4.1 贪婪最佳搜索	20
3.4.2 A* 搜索	22
3.4.3 启发函数	25
3.5 局部搜索算法	26
3.5.1 爬山法	27
3.5.2 模拟退火搜索	28

3.5.3 遗传算法	29
第4章 约束可满足性问题	31
4.1 概述	31
4.2 实例及形式化	32
4.3 分类	34
4.4 搜索方法	35
4.4.1 CSP 问题的回溯搜索	35
4.4.2 通过约束传播信息	38
4.5 约束满足的局部搜索	41
4.6 问题的结构	41
4.6.1 子结构	41
4.6.2 树状结构	42
第5章 对抗搜索	43
5.1 博弈	43
5.2 博弈中的优化决策	43
5.2.1 最优决策	44
5.2.2 极小极大算法	45
5.2.3 多人游戏中的最优策略	46
5.3 α - β 剪枝	47
5.4 不完整的实时决策	49
第6章 马尔可夫决策过程	51
6.1 最大化期望效用原理	51
6.2 效用理论基础	52
6.2.1 理性偏好的约束	52
6.2.2 效用函数	53
6.3 马尔可夫决策过程	57
6.4 值迭代	62
6.5 策略迭代	66
第7章 增强学习	68
7.1 被动增强学习	69
7.1.1 直接状态估计	70
7.1.2 基于模型的估计	70
7.2 时序差分学习	72
7.3 主动增强学习	74
7.3.1 探索与利用	74

7.3.2 学习 Q 值函数	75
7.4 增强学习的一般化	76
7.4.1 增强学习在博弈中的应用	77
7.4.2 增强学习在机器人中的应用	78
第 8 章 概率推理	79
8.1 概述	79
8.2 概率基础	82
8.3 概率推理	87
8.4 贝叶斯网络	93
8.5 贝叶斯网络的独立性	96
8.6 贝叶斯网络的推理	99
8.6.1 穷举法推理	100
8.6.2 消除变量法	100
8.7 贝叶斯网络的近似推理	104
第 9 章 基于时间的推理	107
9.1 时间与不确定性	107
9.1.1 状态与观察	107
9.1.2 稳态马尔可夫模型	108
9.2 时序模型中的推理	109
9.3 隐马尔可夫模型	110
9.4 粒子(质点)滤波	114
9.5 动态贝叶斯网络	115
第 10 章 机器学习	116
10.1 朴素贝叶斯	116
10.1.1 基本概念	117
10.1.2 基本模型	117
10.1.3 过拟合	120
10.2 感知器	122
10.2.1 特征	122
10.2.2 生成模型和判别模型	123
10.2.3 线性分类器	123
10.2.4 二元分类	124

第1章 引 论

人工智能(artificial intelligence, AI)一词最初是在 1956 年达特茅斯(Dartmouth)会议上提出的。此后,研究者发展了众多理论和原理,人工智能的概念也随之扩展。人工智能是一门极富挑战性的科学,具体从事这项工作除了需要计算机知识,还经常涉及一些其他学科,如心理学和哲学等。人工智能是涵盖范围广泛的科学,它由不同的领域组成,如机器学习,计算机视觉等。

一般来说,人工智能研究的主要目标是使机器能够胜任一些通常需要人类智能才能完成的复杂工作。但不同的时代、不同的人对这种“复杂工作”的理解是不同的。例如,在计算机还未普及的年代,繁重的科学和工程计算本来是要人脑来承担的,现在计算机不但能完成这种计算,而且能够比人脑做得更快、更准确,因此现在人们已不再把这种计算看做“需要人类智能才能完成的复杂任务”,可见复杂工作的定义是随着时代的发展和技术的进步而变化的,人工智能这门科学的具体目标也自然随着时代的变化而发展。它一方面不断获得新的进展,另一方面又转向更有意义、更加困难的目标。

目前能够用来研究人工智能的主要物质基础和能够实现人工智能技术平台的机器就是计算机,人工智能的发展历史是和计算机科学技术的发展史联系在一起的。除了计算机科学,人工智能还涉及信息论、控制论、自动化、仿生学、生物学、心理学、数理逻辑、语言学、医学和哲学等多门学科。人工智能学科研究的主要内容包括知识表示、自动推理和搜索方法、机器学习和知识获取、知识处理系统、自然语言理解、计算机视觉、智能机器人、自动程序设计等方面。

现在,人工智能的研究包含了许许多多不同的子领域,涵盖的范围从通用领域,如学习和感知,到特定的任务,如下国际象棋、数学定理证明、诗歌写作和疾病诊断。人工智能对智能任务进行系统化和自动化,因而与人类智能活动的任何范畴都潜在相关。从这个意义上说,人工智能的确是一个普遍的研究领域。

1.1 概 述

人工智能的定义可以分为两部分,即“人工”和“智能”。“人工”比较好理解,争议性也不大。有时人们会考虑什么是人力所能及,或者人自身的智能程度有没有高到可以创造人工智能的地步等。但总的来说,“人工系统”就是通常意义下的人工系统。

关于什么是“智能”,问题就多了。这涉及其他如意识、自我、思维(包括无意识的思维)等问题。人唯一了解的智能是人本身的智能,这是普遍认同的观点。但是人们对自身智能的理解都非常有限,对构成人的智能的必要元素也了解有限,所以就很难定义什么是“人工”制造的“智能”了。因此人工智能的研究往往涉及对人的智能本身的研究。其他关于动物或其他人造系统的智能也普遍认为是人工智能相关的研究课题。

人工智能目前在计算机领域内得到了更加广泛的重视。并在机器人、经济政治决策、控制系统、仿真系统中得到了应用。

著名的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——怎样表示知识和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智能行为的基本理论、方法和技术。

人工智能是计算机学科的一个分支,20世纪70年代称为世界三大尖端技术(空间技术、能源技术、人工智能)之一。也被认为是21世纪三大尖端技术(基因工程、纳米科学、人工智能)之一。这是因为近30年来它获得了迅速发展,在很多学科领域都获得了广泛应用,并取得了丰硕的成果。人工智能已逐步成为一个独立的分支,无论在理论和实践上都已自成一个系统。

人工智能是研究使计算机模拟人的某些思维过程和智能行为(如学习、推理、思考、规划等)的学科,主要包括计算机实现智能的原理、制造类似于人脑智能的计算机,使计算机能实现更高层次的应用。人工智能将涉及计算机科学、心理学、哲学和语言学等学科。可以说几乎是自然科学和社会科学的所有学科,其范围已远远超出了计算机科学的范畴,人工智能与思维科学的关系是实践和理论的关系,人工智能处于思维科学的技术应用层次,是它的一个应用分支。从思维观点看,人工智能不仅限于逻辑思维,要考虑形象思维、灵感思维才能促进人工智能的突破性的发展,数学常被认为是多种学科的基础科学,数学也进入了语言、思维领域,人工智能学科也必须借用数学工具,数学不仅在标准逻辑、模糊数学等范围发挥作用,数学进入人工智能学科后,它们将互相促进,进而更快地发展。

1.2 人工智能简史

本节将介绍人工智能的简要历史。和任何历史相似,这段历史也不得不只重点介绍少数的人物、时间和思想,而忽略其他一些较为重要的东西。下面将围绕一系列的问题来组织这段历史。

作为一种探讨人脑和心智原理的尖端科学和前沿性的研究,半个多世纪以来,人工智能经历了艰难曲折的发展过程,大致可以划分为以下几个发展阶段。

1956年,在美国达特茅斯学院的一次历史性的聚会被认为是人工智能科学正式诞生的标志,当时的4位年轻的学者 McCarthy, Minsky, Lochester 和 Shannon 共同组织召开了用机器模拟人类智能的暑假专题研讨会,历时两个月。会议邀请了包括数学、神经生理学、精神病学、心理学、信息论和计算机科学等领域的10名著名学者参加,与会的科学家们根据自身不同的学科背景,从不同的角度出发,强调了各自的研究重点,但都汇聚到探讨人类智能活动的表现形式和认知规律上来,并借用数学逻辑和计算机的成果,提供关于形式化计算机和处理的理论,模拟人类某些智能行为的基本方法和技术,构造具有一定智能的人工系统,让计算机完成以往需要人的智力才能胜任的工作。会议上,McCarthy 提议用 Artificial Intelligence 作为这

一交叉学科的名称,从而开创了人工智能这一研究领域。因此,有人把 McCarthy 称为“人工智能”之父。

从此,人工智能科学蓬勃发展,但其发展过程却起伏跌宕,并不平坦。1957年,一个称为逻辑理论机的数学定理证明程序编制成功。1959年,McCarthy 发明了表处理语言(list processor, LISP),成为人工智能程序设计的主要语言。

1968年,第一个专家系统 DENDRAL 研制成功,用于质谱仪分析有机化合物的分子结构,之后又相继开发了许多专家系统,专家系统可以说是人工智能走向实际应用最引人注目的课题。1977年,Feigenbaum 提出了知识工程的研究方向,导致了对专家系统和知识库系统更深入的研究和工作。这一时期学术交流的发展对人工智能的研究也有很大的推动。1969年,国际人工智能联合会议召开,此后每两年一次,成为人工智能界最高级别的学术盛会。1970年, *International Journal of AI* 创刊,成为国际最高级别的人工智能学术期刊。但 20 世纪 70 年代中后期,人工智能陷入低潮。80 年代初,日本开始第五代智能计算机的研制,试图突破冯·诺伊曼体系结构,最终并没有成功。80 年代中期开始,有关人工神经网络的研究取得突破性进展, Hopfield 提出一种全新的全互连的神经元网络模型, Rumeller 提出了反向传播的 BP(back propagation)算法,掀起了新的人工神经网络研究热潮,直到今日。

人工智能的建立,部分是出于对类似控制论和统计学已有理论的局限性的叛逆,但是随着科学技术的不断发展和创新,人工智能也开始接受别的领域的知识。为了被接受,假设必须以严格的经验实验为条件,结果的重要性必须经过严格的分析。在 20 世纪 70 年代,人们尝试了范围很宽的不同体系和方法的变种,很多尝试相当特别和脆弱,仅在很少的样本上进行了演示。近些年来,隐马尔可夫模型(hidden Markov model, HMM)的方法开始统治这个领域。

神经网络也符合这个趋势。很多神经网络方面的工作在 20 世纪 80 年代得以完成,通过改进的方法论和理论框架,对这个领域的理解达到了一个新的程度,神经网络可以和统计学、模式识别、机器学习等领域的对应技术相提并论,并且其最有前途的技术可以用在很多应用程序上。而最近发展的深度学习方法,更是把神经网络的应用推到了一个新的高度。

作为这些发展的结果,数据挖掘技术促生了一个有活力的新工业。同时随着各行各业的信息化的深入和互联网技术的普及,积累了大量的数据,而基于大数据的分析也成为当前一个新的研究热点。

同样,为了更好地对问题进行分析和对它们的复杂度进行更好的掌握,在人工智能中不断增加混入的数学成分,引发了一些可行的研究工作安排和鲁棒的方法。在很多情况下,形式化和专门化也导致了分裂,如视觉和机器人技术的话题日益从“主流”人工智能研究工作中分离出来。把人工智能视为理性智能设计的一体化观点,是一种可以重新给这些分离的领域带来统一的观点。人们也有理由相信,在今后的人工智能的研究中,随着技术的相互融合和技术深度的不断深入,人工智能会迎来新的春天。

1.3 人工智能的研究途径及主要方法

目前研究人工智能主要有两条途径:一条是从大脑的神经元模型着手研究,搞清楚大脑信息处理过程的机理,可是现阶段对人脑进行物理模拟实验还是很困难,但这应该是人工智能长远的研究目标;另一条是基于计算机程序的运行,从效果上达到和人类智能行为类似的活动过

程,这个观点目前来看比较实际。在人工智能近 50 年的研究过程中,围绕人工智能的基础理论和方法问题,出现了三个主要的学派。

(1) 符号主义学派认为人的认知基元是符号,认知过程即符号操作过程,认识是一个物理符号系统,计算机也是一个物理符号系统。因此,能够用计算机来模拟人的智能行为。知识是信息的一种形式,是构成智能的基础。人工智能的核心问题是知识表达、知识推理和知识运用。

(2) 连接主义学派认为人的思维基元是神经元,而不是符号,对物理符号系统假设提出了异议。连接主义的大脑工作模式,使用大量的、分层的、并行的方式工作的人工神经元连接成的网络去模拟人脑。

(3) 行为主义学派认为智能主要取决于感知和行动,突出智能行为的“感知-动作”模式。智能未必需要知识、知识表示和知识推理。智能行为可以通过现实世界与周围环境的交互作用表现出来。

以上三种人工智能学派将长期共存与合作,取长补短,走向融合和集成,为人工智能发展作出贡献。

1.4 人工智能发展趋势

人工智能研究的主要目标是希望用现代科学技术的手段来扩展人类智能系统的能力。当前人工智能仍处在蓬勃发展当中,主要应用领域如下。

(1) 自然语言理解。目前人机交互主要是通过各种非自然语言进行的,因此解决计算机如何理解人类自然语言具有非常重大的意义。

(2) 专家系统。该智能系统存储有某个专门领域中的,经实践总结出来的,并按某种格式表示的专家知识,并且拥有类似于专家解决实际问题的推理机制。

(3) 定理证明。数学定理的证明,不仅需要有能力根据假设进行演绎的能力,而且需要某些直觉的技巧。“四色问题”的获证堪称机器证明定理的典范,美国两位科学家在两台计算机上,用时 1200 h,经过 100 亿次的判断,终于完成四色定理的证明,解决了这道有 100 多年历史的难题。

(4) 博弈。博弈在人工智能中主要是研究下棋的程序。20 世纪 90 年代,IBM 公司以其雄厚的硬件基础,开发了“深蓝”国际象棋系统,并于 1997 年,战胜了世界国际象棋冠军斯帕罗夫,轰动世界。

(5) 机器人学。它是机械结构学、传感器技术和人工智能结合的产物,第三代分布式系统智能机器人具有较高的灵敏度、一定的自学能力和与其他机器人交互的能力。一年一度的机器人世界杯足球赛大大促进了这方面的研究。

(6) 感知问题。它涉及信号处理技术,知识表示和推理模型等一些人工智能技术。

(7) 数据挖掘。数据库是存储某个学科大量事实的计算机系统,随着应用的进一步发展,存储的信息量越来越大,怎样从大量的数据中挖掘出隐含的、有潜在价值的知识,即从数据到知识,也是人工智能的一个主要的应用领域。

第2章 智能体

本章将明确智能体的概念,此概念是实现人工智能的方法的核心。但是首先需要将此概念更具体化一些,将会看到这种理性的概念用于在各种可以想象的环境下工作的不同智能体上。本章将会从分析智能体、环境和它们之间的关系入手。观察到某些智能体比其他智能体表现更为出色,从而自然地引入理性智能体的概念,即行为表现尽可能好的智能体。一个智能体的表现好坏取决于其所在的环境的特性。本章将会对环境进行一些简单的分类,来说明环境属性是怎样对设计适应环境的智能体产生影响的。同时还将描述一些智能体的设计“骨架”,并在本书的后面部分深入讨论相关的内容。

2.1 智能体

智能体可以看成通过传感器感知所处环境并通过执行器对该环境产生作用的东西。这种简化的概念如图 2.1 所示。人类智能体将眼睛、耳朵和其他器官作为传感器,也具有手、腿和身体等执行器。机器人智能体则可能用摄像头、红外测距仪作为传感器,各种马达作为执行器。软件智能体将键盘敲击、文件内容和网络数据作为传感器输入,并通过屏幕显示、写文件和发送网络数据包作用于网络。一个一般性的假设是,每个智能体都能感知自己的行为,但并不一定能感知行为的效果。

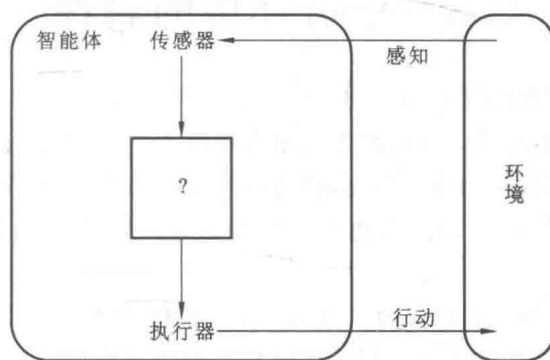


图 2.1 智能体通过传感器和执行器与环境进行交互

智能体是人工智能领域中一个很重要的概念。智能体是一个能够独立思考,具有感知和行动的客体。由智能体的定义可以知道,智能体具有以下基本特性。

(1) 自治性。智能体能够根据外界环境的变化,自动地对自身的行为和状态进行调整,而不仅是被动地接受来自外界的刺激,它具有自我管理和自我调节的能力。在这里要做的就是怎么样合理地设计智能体。但是,由于现有计算能力的限制,完美的合理是不可能的。

(2) 反应性。智能体能对外界的刺激作出相应的反应。

(3) 主动性。对于外界环境的改变,智能体能主动采取行动。

(4) 社会性。智能体具有与其他智能体或人进行合作的能力,不同的智能体可根据自己的意图与其他智能体进行交互,以达到解决问题的目的。

(5) 进化型。智能体能积累或者通过学习,对自己的行为进行修改以适应新的环境。

智能体是一个能感知和行动的客体,人工智能的主要研究任务就是如何合理设计智能体。

2.2 性能度量

理性智能体是做事正确的智能体。显然做正确的事要比做错事好,“做正确的事”的含义粗略地讲,就是所做的事情最终导致智能体能成功完成任务。因此,这里关键是需要定义清楚“成功”的含义,即目标。在同时定义了目标、所处的环境、智能体的传感器和执行器的描述后,即可以认为是给智能体面临的任务提供了一个完整的规范说明。基于此完整的规范说明,可以更精确地定义理性和理性智能体的含义。

性能度量是智能体成功程度标准的具体化,当把智能体置于一个环境中后,它将针对收到的感知信息产生行动序列。该行动序列引起环境历经一个状态序列,如果该状态序列正是想要的,那么这个智能体的性能良好。显然,没有一种固定的适合所有智能体的度量标准。可以询问智能体对自己性能的满意程度的客观意见,但是有些智能体不能回答,而有些智能体可能会迷惑自己,不能给出正确的评价。因此需要坚持一种客观的性能度量,通常由智能体设计者给出。

然而,选取智能体性能度量通常是不容易的。作为一般规则,最好根据实际在这个环境中希望得到的结果来设计度量标准,而不是根据智能体应该表现的行为。

2.3 任务环境的属性

在人工智能中可能出现的任务环境的范围显然是很大的。然而,可以定义数量相当少的维度,用来对任务环境进行分类。这些维度在很大程度上决定了适当的智能体设计和实现智能体的每个主要技术家族的实用性。首先,把这些维度列出来,然后分析一些任务环境来说明这些思想。这里的定义不是形式化的,将在后面的章节中给出更精确的陈述和每种环境的例子。

(1) 完全可观察的与部分可观察的。如果一个智能体的传感器每个时间点上都能让它访问获取环境的完整状态,那么就说这个任务环境是完全可观察的。如果传感器能够检测所有与行动选择相关的方面,那么这个任务环境是有效完全可观察的;而相关性则取决于性能度量。完全可观察的环境是方便的,因为智能体不再需要维护任何内部状态来记录世界的状况。环境可能因为噪声的干扰和不精确的传感器,或者仅因为来自传感器数据的部分状态数据,而成为部分可观察。

(2) 确定性的与随机的。如果环境的下一个状态完全取决于当前的状态和智能体执行的动作,那么该环境是确定性的,否则就是随机的。原则上,智能体在完全可观察的、确定的环境中不需要考虑非确定性。但是如果该环境是部分可观察的,那么它可能表现为随机的,环境复杂尤其如此,因为复杂的环境会造成难以记录所有未观察到的方面。因此,从智能体的角度出

发,按照确定性的或者随机的观点来考虑环境,通常是更好的。

(3) 片段式的与延续式的。在片段式的任务环境中,智能体的经验分成了一个个原子片段。每个片段的组成包括智能体所感知的信息和进而执行的单个行动。最重要的是,下一个片段不依赖以前的片段中采取的行动。在片段式环境中,行动的选择值取决于当前片段自身。大多数分类任务都属于片段式。与之相反,在延续式环境中,当前的决策会影响所有未来的决策。因此,片段式环境要比延续式环境简单得多,因为智能体不需要前瞻。

(4) 静态的与动态的。如果该环境在智能体思考的时候会变化,那么称该环境对这个智能体是动态的,否则该环境是静态的。静态的环境比较容易,因为智能体既不需要在决策行动的时候保持对世界的观察,也不需要顾虑时间的流逝。与之相反,动态的环境会持续地要求智能体决定该做什么;如果智能体没有作出相应的决策,就认为它决定不做任何事情。如果环境本身不随时间而变化,但是智能体的性能评价随时间而变化,那么称这个环境是半动态的。

(5) 离散的与连续的。离散/连续的区别可以应用于环境的状态,时间的处理方式,以及智能体的感知信息和行动。

(6) 单智能体与多智能体。单智能体和多智能体环境之间的区别可能看上去很简单,但是还是存在一些细微的区别。首先,已经说明了什么样的实体可以视为智能体,但不能解释哪些智能体必须视为智能体。例如,一个独自解决纵横字谜游戏的智能体显然处于单智能体环境中,而一个下棋的智能体就处于双智能体环境中。智能体 A 是否必须把 B 当做智能体对待,还是仅把它当做一个随机行动的物体,关键的区别在于 B 的行为是否依赖于 A 的行为,并针对 A 的行为来决策以期获得利益最大化。

综上所述,最难对付的情况就是部分可观察的、随机的、延续式的、动态的、连续的和多智能体的环境。而且因为实际情况太复杂了,以致它们是否真正是确定性环境都是很难判定的。出于实用目的,必须把它们当做随机的。

2.4 常见智能体

人工智能具有广泛的应用领域,如机器视觉、自然语言处理、机器学习和计算生物学等。这些应用领域通常都涉及较多的问题,并且相对较复杂,为了以简单的例子来阐述算法,在此通过计算机智能游戏来介绍智能体。通过该简单的例子,阐述一些相关的概念,并学习人工智能常见智能体的种类和在程序实现中可能会面临的问题。

2.4.1 反射智能体

反射智能体是一种智能的智能体,它能基于当前的感知和记忆来选择行为,可能有记忆事件当前状态的模型,不考虑行为的未来的发展情况,而是根据事件的状态来行动。在程序设计中,这种智能体根据自身的搜索策略的不同,相互间又存在一些细微的区别。

如图 2-2 所示,大的有缺口的圆表示智能体,圆形小点表示食物,智能体走到食物处即可把食物吃掉,假定智能体每次只能走一步,此智能体存在 4 种可能的行为:向东、向南、向西、向北各走一步。

一种可行的算法是对各个可能的行走方向上的剩余食物量进行排序,然后智能体朝着食

求具有世界在行为作用下如何演化的模型,然后根据世界在这种行为作用下会发生什么样的变化来行动。

基于目标的智能体依据世界未来的状况进行决策,选择合适的行为。这个智能体在运动之前就已经具有了自己开始行动之后整个环境如何变化的模型,所以结果能将所有的食物全部吃完。

第3章 搜索

在第2章中讨论的最简单的智能体是反射型智能体,它们把行动建立在从状态到行动的直接映射的基础上,如果这种映射太大而无法存储或者消耗的时间太长而无法学习,在这种环境中,此类智能体是难以运转的。另一方面,基于目标的智能体通过考虑未来的行动和对结果的需要来行动,可以获得成功。

本章将描述的是基于目标的智能体,称为问题求解智能体。问题求解智能体通过寻找达到所希望的状态的行动序列来进行决策。将从精确地定义组成问题和它的解的元素开始,给出一些例子来详细解释这些定义,然后介绍几个可以用于解决这类问题的搜索策略。

3.1 问题求解智能体

智能化智能体指的是能使自身量度标准达到最大的智能体。如果智能体能够采用一个目标并针对这个目标而行动,就达到了性能度量标准最大化。

这里考虑的目标是一个世界状态的集合——正是在这些状态中,该目标是可满足的。智能体的任务是找出能够使它达到目标状态的行动序列。但是由于环境因素存在很多不确定的因子,问题的解也将包含过多的步骤。问题形式化是确定对于给定的目标需要考虑哪些行动和状态。后面将详细地讨论。

对于给定的智能体,寻找行动序列的过程称为搜索。搜索算法把问题作为输入,并以行动序列的形式返回问题的解。一旦找到一个解,那么它所建议的行动就可以付诸实践。这称为执行阶段,从而有一个对智能体的简单设计,即“形式化、搜索、执行”,如图3-1所示。在把目标和待求解的问题形式化之后,智能体调用搜索过程对它求解,然后智能体用得到的解来引导行动,按照解的建议去做下一步事情,再从序列中删除已经完成的步骤。一旦解被执行了,智能体就形式化新的目标。

首先描述形式化待求解的问题,然后用本章大部分篇幅专门介绍搜索算法中 SEARCH 函数的各种不同算法。

它首先形式化描述了目标和问题,再搜索能够解决该问题的行动序列,然后依次执行这些行动。过程完成之后,它形式化地描述另一个目标并重复以上步骤。注意智能体在执行行动序列的时候会忽略它的感知信息:它假设找到的解总是可行的。

在对细节进行讨论之前,首先看看问题求解智能体在第2章中提及的关于智能体 and 环境的讨论中所处的位置。首先先假设智能体所处的环境是静态的,因为完成问题形式化和求解的时候,将不再考虑环境中发生的任何变化。然后还假设智能体的初始状态是一致的;如果环境是可观察的,了解初始状态是最简单的。枚举“可选的行动过程”的思想假定环境是离散的。最后,最重要的是要假定智能体所处的环境是确定性的。问题的解是行动的单一序列,所以它们不能任意处理意外事件;此外,在执行问题的解的过程中同样不注意感知信息。可以说,一