

人工智能及其应用

THE PRINCIPLES AND APPLICATIONS
OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

余玉梅 段 鹏 编著



上海交通大学出版社

TP18

151

2007

人工智能及其应用

余玉梅 段 鹏 编著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书系统地讲述了人工智能的基本概念和基本原理,并列举了在相应领域的算法及应用。全书共 11 章,主要内容有:状态空间的搜索、产生式系统、知识表示、人工智能中的谓词演算及应用、自动规划求解系统、机器学习、神经网络、遗传算法、分布式人工智能和 Agent 技术、知识发现与数据挖掘等。

本书可作为计算机专业本科高年级学生或研究生的教材,也可供从事计算机科学、人工智能等有关方面工作的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能及其应用/余玉梅,段鹏编著. —上海:上海
交通大学出版社,2007

ISBN 978-7-313-04608-6

I. 人… II. ① 余… ② 段… III. 人工智能
IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 126396 号

人工智能及其应用

余玉梅 段 鹏 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

立信会计出版社常熟市印刷联营厂印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 10.5 字数: 196 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1~2 050

ISBN 978-7-313-04608-6/TP·663 定价: 23.00 元

版权所有 侵权必究

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 人工智能的概念	1
1.1.1 什么是人工智能	1
1.1.2 智能、智力和能力之间的区别与关系	2
1.1.3 如何判定智能	2
1.2 人工智能的研究学派	4
1.2.1 符号主义	4
1.2.2 联结主义	4
1.2.3 行为主义	4
1.3 人工智能的研究目标	5
1.4 人工智能的研究领域	5
1.4.1 模式识别	5
1.4.2 自动定理证明	6
1.4.3 机器视觉	7
1.4.4 专家系统	7
1.4.5 机器人	8
1.4.6 自然语言处理	8
1.4.7 博弈	8
1.4.8 人工神经网络	9
1.4.9 问题求解	10
1.4.10 机器学习	10
1.4.11 基于 Agent 的人工智能	10
1.5 人工智能的发展简史	10
1.5.1 孕育期	10
1.5.2 AI 的基础技术的形成时期	13
1.5.3 AI 发展和实用阶段	13
1.5.4 知识工程与机器学习发展阶段	13
1.5.5 智能综合集成阶段	14

第2章 状态空间搜索	16
2.1 基本概念	16
2.1.1 搜索的概念	16
2.1.2 搜索的种类	16
2.2 状态空间法	17
2.2.1 问题状态描述	17
2.2.2 状态空间描述	17
2.3 状态空间搜索策略	19
2.3.1 数据驱动搜索模式	19
2.3.2 目标驱动搜索模式	19
2.3.3 数据驱动和目标驱动相结合的双向搜索模式	20
2.4 图搜索的实现	20
2.4.1 带回溯的搜索	20
2.4.2 广度优先搜索	21
2.4.3 深度优先搜索	23
2.4.4 有界深度优先搜索	24
2.4.5 基于递归的搜索	25
2.4.6 启发式搜索	26
2.4.7 启发式搜索算法	29
第3章 产生式系统	34
3.1 产生式系统的基本概念	34
3.1.1 引言	34
3.1.2 产生式系统的构成	34
3.1.3 产生式系统的特点	36
3.2 产生式系统的求解问题策略	36
3.2.1 正向推理	36
3.2.2 反向推理	40
3.2.3 双向推理	43
3.3 产生式系统的特点	43
3.4 产生式系统的应用实例	44

第4章 知识表示	47
4.1 引言	47
4.1.1 知识的概念	47
4.1.2 知识表示	47
4.1.3 知识的分类	49
4.2 知识的使用	50
4.3 对知识表示方法的衡量	51
4.4 逻辑表示模式	51
4.4.1 命题逻辑	51
4.4.2 谓词逻辑	55
4.4.3 逻辑表示应用举例	58
4.5 语义网络	63
4.5.1 语义网络的构成及特点	63
4.5.2 语义网络的表示	64
4.5.3 连接词和量词的表示	65
4.5.4 语义网络的推理	67
4.5.5 语义网络表示的优缺点	71
第5章 人工智能中的谓词演算与应用	73
5.1 一阶谓词演算的基本体系	73
5.1.1 概述	73
5.1.2 标准式的化简步骤	73
5.2 使用推理规则产生谓词演算表达式	76
5.2.1 推理规则	76
5.2.2 置换	78
5.2.3 合一的概念	78
5.2.4 合一算法	78
5.3 归结原理	79
5.3.1 归结原理概述	79
5.3.2 命题逻辑的归结法	80
5.3.3 谓词逻辑归结方法	82
5.3.4 谓词逻辑归结方法的应用	82
5.4 归结策略和简化技术	85

5.4.1 广度优先策略	86
5.4.2 支持集策略	86
5.4.3 单位优先策略	87
5.4.4 线性输入形式策略	87
5.4.5 从归结否定中提取答案	87
5.5 规则演绎系统	88
5.5.1 规则正向演绎系统	89
5.5.2 规则逆向演绎系统	94
5.5.3 正向系统和逆向系统的比较	98
第6章 自动规划求解系统	100
6.1 规划	100
6.1.1 规划的概念	100
6.1.2 规划的特性及作用	100
6.1.3 系统规划求解的方法与途径	101
6.1.4 系统规划求解的任务	101
6.2 机器规划成功性基本原理	102
6.2.1 概述	102
6.2.2 总规划的设计与分层规划原理	102
6.2.3 规划问题求解与最优规划原理	103
6.3 机器人规划求解应用举例	104
第7章 机器学习	108
7.1 机器学习的概念	108
7.1.1 什么是学习	108
7.1.2 机器学习与人类学习的区别	109
7.1.3 机器学习实现的困难	109
7.2 机器学习的研究目标	110
7.2.1 通用学习算法	110
7.2.2 认知模型	110
7.2.3 工程目标	110
7.3 机器学习系统	110
7.3.1 什么是机器学习系统	111
7.3.2 机器学习的基本模型	111

7.4 机器学习的分类	113
7.5 实例学习	114
7.5.1 概述	114
7.5.2 实例学习的两个空间模型	114
7.5.3 实例学习示例	117
第8章 神经网络	119
8.1 神经网络的概念	119
8.2 神经网络模型	119
8.2.1 神经网络的模型	119
8.2.2 神经网络的学习算法	121
8.2.3 几种典型神经网络简介	123
8.3 神经网络的应用	129
8.4 神经网络的设计与仿真	130
第9章 遗传算法	131
9.1 遗传算法的概念	131
9.2 基本遗传算法	132
9.2.1 基本运算过程	132
9.2.2 工作步骤	133
9.3 遗传算法应用	136
9.3.1 遗传算法的特点	136
9.3.2 遗传算法的应用	137
第10章 分布式人工智能和 Agent 技术	138
10.1 分布式人工智能	138
10.2 Agent 系统	138
10.2.1 Agent 的基本概念及特性	139
10.2.2 Agent 的分类	140
10.2.3 Agent 研究的基本问题	141
10.3 多 Agent 系统	142
10.3.1 多 Agent 系统的基本概念及特性	142
10.3.2 多 Agent 系统的分类	143
10.3.3 多 Agent 系统的研究内容	143

10.4 Agent 的应用	144
第 11 章 知识发现与数据挖掘	146
11.1 知识发现	146
11.2 数据挖掘	147
11.2.1 数据挖掘技术的产生及定义	147
11.2.2 数据挖掘的功能	149
11.2.3 常用的数据挖掘方法	150
11.2.4 数据挖掘工具	156
主要参考文献	158

第1章 绪论

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是20世纪50年代中期兴起的一门边缘学科,是计算机科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支,是计算机科学、控制论、信息论、自动化、仿生学、生物学、语言学、神经生理学、心理学、数学、医学和哲学等多种学科相互渗透而发展起来的综合性的交叉学科和边缘学科。

随着计算技术的发展,人工智能得到了进一步的应用。尽管目前人工智能在发展过程中还面临着很多困难和挑战,但人工智能已经创造出了许多智能“制品”,并将在越来越多的领域制造出更多的甚至是超过人类智能的产品,为改善人类的生活作出更大贡献。

1.1 人工智能的概念

1.1.1 什么是人工智能

人工智能从广义上解释就是“人造智能”。但作为学科,什么是人工智能?目前还没有公认的统一的定义,不同领域的研究者从不同的角度给出了不同的定义,现列举几位权威的描述如下。

N. J. Nilsson 认为:人工智能是关于知识的科学,即怎样表示知识,怎样获取知识和怎样使用知识的科学。

P. Winston 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富有智能的工作。

M. Minsky 认为:人工智能是让机器做本需要人的智能才能做到的事情的一门科学。

A. Feigenbaum 认为:人工智能是一个知识信息处理系统。

James Albus 说:“我认为,理解智能包括理解;知识如何获取、表达和存储;智能行为如何产生和学习;动机、情感和优先权如何发展和运用;传感器信号如何转换成各种符号,怎样利用各种符号执行逻辑运算,对过去进行推理及对未来进行规划,智能机制如何产生幻觉、信念、希望、畏惧、梦幻甚至善良和爱情等现象。我相信,对上述内容有一个根本的理解将会成为与拥有原子物理、相对论和分子遗传学等级相当的科学成就。”

尽管上面的论述对人工智能的定义各自不同,但可以看出,人工智能就其本质而言就是研究如何制造出人造的智能机器或智能系统来模拟人类的智能活动,以延伸人们智能的科学。

1.1.2 智能、智力和能力之间的区别与关系

图1-1为智能、智力和能力间的区别与关系。

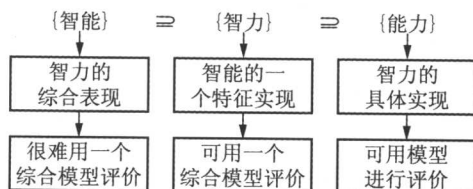


图 1-1 智能、智力和能力间的区别与关系

智能包括:收集、汇集、选择、理解和感觉。

智能的要素包括:适应环境,适应偶然性事件,能分辨模糊的或矛盾的信息,在孤立的情况中找出相似性,产生新概念和新思想。

智能分为自然智能和人工智能。自然智能指人类和一些动物所具有的智力和行为能力。人工智能包括有规律的智能行为和无规律的智能行为。有规律的智能行为是计算机能解决的,而无规律的智能行为,如洞察力、创造力,关于这些问题,目前计算机还不能解决。

1.1.3 如何判定智能

1. 图灵试验

英国数学家和计算机学家图灵(A. M. Turing,见图1-2)曾经做过一个很有趣的尝试,藉以判定某一特定机器是否具有智能。这一尝试是通过所谓的“问答游戏”进行的。这种游戏要求某些客人悄悄藏到另一间房间里去。然后请留下来的人向这些藏起来的人提问题,并要他们根据得到的回答来判定跟他对话的是一位先生还是一位女士。回答必须是间接的,必须有一个中间人把问题写在纸上,或者来回传话,或者通过电传打字机联系。

图灵由此想到,同样可以通过与一台据称有智能的机器作回答来测试这台机器是否真有智能。如果提问者无法判定与之交谈的是一台机器还是一个人,而实际是



图 1-2 图灵

一台机器在与之交谈,那就可以认为这台机器是有“智能”了。于是,他于1950年提出了著名的“图灵试验”。

“图灵试验”的构成:试验用计算机,被测试的人,主持测试的人。

方法:

(1) 试验用计算机和被测试的人分开去解相同的问题。

(2) 计算机和人的答案告诉主持人。

(3) 主持人若不能区别答案是计算机回答的还是人回答的,就认为被测计算机和人的智力相当。

图灵试验对智能标准作了简单的说明,但存在如下问题:

(1) 主持人提出的问题标准不明确。

(2) 被测人的智能问题也没有明确说出。

(3) 该测试仅强调结果,而未反映智能所具有的思维过程。

如果测试的是复杂的计算问题,则计算机可以比被测试的人更快更准确地得出正确答案;如果测试的问题是一些常识性的问题,人类可以非常轻松地处理,而对计算机来说却非常困难。图灵自己也认为制造一台能通过图灵试验的计算机并不是一件容易的事。他曾预言,在50年以后,当计算机的存储容量达到 10^9 水平时,测试者有可能在连续交谈约5 min后,以超过70%的概率作出正确的判断。现在看来,图灵的预言并没有完全实现。从一般意义上讲,现在的计算机还达不到这样的智能程度。

1997年,IBM开发的会下国际象棋的“深蓝”计算机在正式比赛中战胜了国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫,可以认为是通过了图灵试验,至少在国际象棋领域内是这样的。

现在人们根据计算机难以通过图灵试验的特点,逆向地使用图灵试验,有效地解决了一些难题。如在网络系统的登录界面上随机地产生一些变形的英文单词或数字作为验证码,并加上比较复杂的背景,登录时要求正确地输入这些验证码,系统才允许登录。而当前的模式识别技术难以正确识别复杂背景下变形比较严重的英文单词或数字,这点人类却很容易做到,这样系统就能判断登录者是人还是机器,从而有效地防止了利用程序对网络系统进行的恶意攻击。

2. 中文屋子问题

如果一台计算机通过了图灵试验,那么它是否真正理解了问题呢?美国哲学家约翰·希尔勒对此提出了否定意见。为此,希尔勒利用罗杰·施安克编写的一个故事理解程序(该程序可以在“阅读”一个英文写的小故事之后,回答一些与故事有关的问题),提出了中文屋子问题。

希尔勒首先设想的故事不是用英文,而是用中文写的。这一点对计算机程序

来说并没有太大的变化,只是将针对英文的处理改变为处理中文即可。希尔勒想象自己在一个屋子里完全按照施安克的程序进行操作,因此最终得到的结果是中文的“是”或“否”,并以此作为对中文故事的问题的回答。希尔勒不懂中文,只是完全按程序完成了各种操作,他并没有理解故事中的任何一个词,但给出的答案与一个真正理解这个故事的中国人给出的一样好。由此,希尔勒得出结论:即便计算机给出了正确答案,顺利通过了图灵试验,但计算机也没有理解它所做的一切,因此也就不能体现出任何智能。

1.2 人工智能的研究学派

1.2.1 符号主义

符号主义(Symbolicism)又称逻辑主义(Logicism)、心理学派(Psychologism)或计算机派(Computerism),其理论主要包括物理符号系统(即符号操作系统)假设和有限合理性原理。

符号主义认为可以从模拟人脑功能的角度来实现人工智能,代表人物是纽厄尔、西蒙等。认为人的认知基元是符号,而且认知过程就是符号操作过程,智能行为是符号操作的结果。该学派认为人是一个物理符号系统,计算机也是一个物理符号系统,因此,存在可能用计算机来模拟人的智能行为,即用计算机通过符号来模拟人的认知过程。

1.2.2 联结主义

联结主义(Connectionism)又称为仿生学派(Bionicism)或生理学派(Physiologism),其理论主要包括神经网络及神经网络间的连接机制和学习算法。

联结主义主要进行结构模拟,代表人物是麦卡洛克等。认为人的思维基元是神经元,而不是符号处理过程,认为大脑是智能活动的物质基础,要揭示人类的智能奥秘,就必须弄清大脑的结构,弄清大脑信息处理过程的机理。并提出了联结主义的大脑工作模式,用于取代符号操作的电脑工作模式。

英国自然杂志主编坎贝尔博士说,目前信息技术和生命科学有交叉融合的趋势,比如 AI 的研究就需要从生命科学的角度揭开大脑思维的机理,需要利用信息技术模拟实现这种机理。

1.2.3 行为主义

行为主义(Actionism)又称进化主义(Evolutionism)或控制论学派

(Cyberneticisism),其理论主要包括控制论及感知再到动作型控制系统。

行为主义主要进行行为模拟,代表人物为布鲁克斯等。认为智能行为只能在现实世界中与周围环境交互作用而表现出来,因此用符号主义和连接主义来模拟智能显得有些和事实不相吻合。这种方法通过模拟人在控制过程中的智能活动和行为特性,如自寻优、自适应、自学习、自组织等来研究和实现人工智能。

1.3 人工智能的研究目标

人工智能的研究目标可分为远期目标和近期目标。

人工智能的近期目标是研究依赖于现有计算机去模拟人类某些智力行为的基本原理、基本技术和基本方法。即先部分地或某种程度地实现机器的智能,从而使现有的计算机更灵活、更好用和更有用,成为人类的智能化信息处理工具。

人工智能的远期目标是研究如何利用自动机去模拟人的某些思维过程和智能行为,最终造出智能机器。具体来讲,就是要使计算机具有看、听、说、写等感知和交互功能,具有联想、推理、理解、学习等高级思维能力,还要有分析问题、解决问题和发明创造的能力。简言之,也就是使计算机像人一样具有自动发现规律和利用规律的能力,或者说具有自动获取知识和利用知识的能力,从而扩展和延伸人的智能。

1.4 人工智能的研究领域

人工智能的主要目的是用计算机来模拟人的智能。人工智能的研究领域包括模式识别、问题求解、机器视觉、自然语言理解、自动定理证明、自动程序设计、博弈、专家系统、机器学习、机器人等。

当前人工智能的研究已取得了一些成果,如自动翻译、战术研究、密码分析、医疗诊断等,但距真正的智能还有很长的路要走。

1.4.1 模式识别

模式识别(Pattern Recognition)是 AI 最早研究的领域之一,主要是指用计算机对物体、图像、语音、字符等信息模式进行自动识别的科学。

“模式”的原意是提供模仿用的完美无缺的标本,“模式识别”就是用计算机来模拟人的各种识别能力,识别出给定的事物和哪一个标本相同或者相似。

模式识别的基本过程包括:对待识别事物进行样本采集、信息的数字化、数据特征的提取、特征空间的压缩以及提供识别的准则等,最后给出识别的结果。在

识别过程中需要学习过程的参与,这个学习的基本过程是先将已知的模式样本进行数值化,送入计算机,然后将这些数据进行分析,去掉对分类无效的或可能引起混淆的那些特征数据,尽量保留对分类判别有效的数值特征,经过一定的技术处理,制定出错率最小的判别准则。

当前模式识别主要集中于图形识别和语音识别。图形识别主要是研究各种图形(如文字、符号、图形、图像和照片等)的分类。例如识别各种印刷体和某些手写体文字,识别指纹、白血球和癌细胞等等。这方面的技术已经进入实用阶段。

语音识别主要研究各种语音信号的分类。语音识别技术近年来发展很快,现已有商品化产品(如汉字语音录入系统)上市。图1-3为扫描仪。图1-4为 IBM 公司研制的语音识别系统。

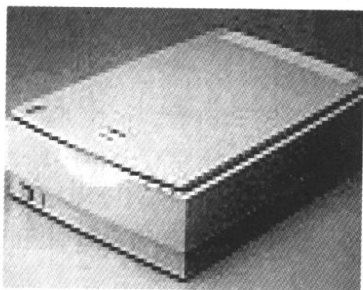


图 1-3 扫描仪是汉字识别的基本设备之一

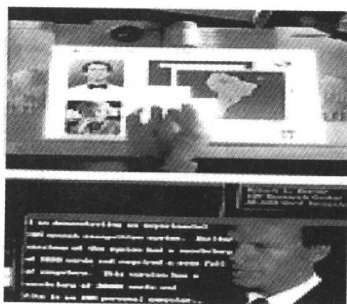


图 1-4 IBM 公司研制的语言识别系统

1.4.2 自动定理证明

自动定理证明(Automatic Theorem Proving)是指利用计算机证明非数值性的结果,即确定它们的真假值。

在数学领域中对臆测的定理寻求一个证明,一直被认为是一项需要智能才能完成的任务。定理证明时,不仅需要有根据假设进行演绎的能力,而且需要有某种直觉和技巧。

早期研究数系统的机器是1926年由美国加州大学伯克利分校制作的(见图1-5)。这架机器由锯木架、自行车链条和其他材料构成,是一台专用的计算机。它可用来快速解决某些数论问题。素性

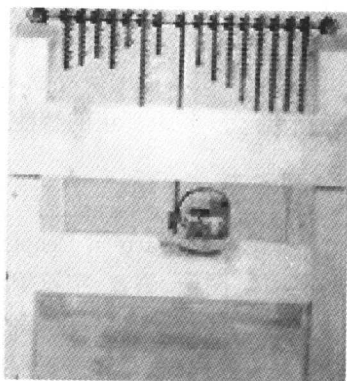


图 1-5 早期的自动定理证明机

检验,即分辨一个数是素数还是合数,是这些数论问题中最重要的问题之一。一个问题的数值解所应满足的条件可通过在自行车链条的链节内插入螺栓来指定。

自动定理证明的方法主要有四类:

1. 自然演绎法

自然演绎法的基本思想是依据推理规则,从前提和公理中可以推出许多定理,如果待证的定理恰在其中,则定理得证。

2. 判定法

判定法对一类问题找出统一的计算机上可实现的算法解。在这方面一个著名的成果是我国数学家吴文俊教授于 1977 年提出的初等几何定理证明方法。

3. 定理证明器

定理证明器研究一切可判定问题的证明方法。

4. 计算机辅助证明

计算机辅助证明以计算机为辅助工具,利用机器的高速度和大容量,帮助人完成手工证明中难以完成的大量计算、推理和穷举。

1976 年,美国伊利诺斯大学哈肯和阿佩尔,在两台不同的计算机上,用了 1200 h,作了 100 亿次判断,终于完成了四色定理的证明,解决了这个存在了 100 多年的难题,轰动了世界。

1.4.3 机器视觉

机器感知就是计算机直接“感觉”周围世界。具体来讲,就是计算机像人一样通过“感觉器官”直接从外界获取信息,如通过视觉器官获取图形、图像信息,通过听觉器官获取声音信息。

机器视觉(Machine Vision)研究为完成在复杂的环境中运动和在复杂的场景中识别物体需要哪些视觉信息以及如何从图像中获取这些信息。

1.4.4 专家系统

专家系统(Expert System)是一个能在某特定领域内以人类专家水平去解决该领域中困难问题的计算机应用系统。其特点是拥有大量的专家知识(包括领域知识和经验知识),能模拟专家的思维方式,面对领域中复杂的实际问题,能作出专家水平的决策,像专家一样解决实际问题。这种系统主要用软件实现,能根据形式的和先验的知识推导出结论,并具有综合整理、保存、再现与传播专家知识和经验的功能。

专家系统是人工智能的重要应用领域,诞生于 20 世纪 60 年代中期,经过 20

世纪 70 年代和 80 年代的较快发展,现在已广泛应用于医疗诊断、地质探矿、资源配置、金融服务和军事指挥等领域。

1.4.5 机器人

机器人(Robots)是一种可程序的多功能的操作装置。机器人能认识工作环境、工作对象及其状态,能根据人的指令和“自身”认识外界的结果来独立地决定工作方法,实现任务目标,并能适应工作环境的变化。

随着工业化和计算机技术的发展,到 20 世纪 60 年代机器人开始进入批量生产和实际应用的阶段。后来由于自动装配、海洋开发、空间探索等实际问题的需要,对机器的智能水平提出了更高的要求。特别是危险环境以及人们难以胜任的场合更迫切需要机器人,从而推动了智能机器的研究。在科学研究上,机器人为人工智能提供了一个综合实验场所,它可以全面地检查人工智能各个领域的技术,并探索这些技术之间的关系。可以说机器人是人工智能技术的全面体现和综合运用。

1.4.6 自然语言处理

自然语言处理又叫自然语言理解,就是计算机理解人类的自然语言,如汉语、英语等,并包括口头语言和文字语言两种形式。它采用人工智能的理论和技術將設定的自然語言機理用計算機程序表達出來,構造能理解自然語言的系統(見圖1-6),通常分為書面語的理解、口語的理解、手寫文字的識別三種情況。



图 1-6 可接受声音指令的
计算机语言理解系统,
它可与人进行对话交流

自然语言理解的标志为:

- (1) 计算机能成功地回答输入语料中的有关问题。
- (2) 在接受一批语料后,能给出摘要的能力。
- (3) 计算机能用不同的词语复述所输入的语料。
- (4) 有把一种语言转换成另一种语言的能力,即机器翻译功能。

1.4.7 博弈

在经济、政治、军事和生物竞争中,一方总是力图用自己的“智力”击败对手。博弈就是研究对策和斗智。

在人工智能中,大多以下棋为例来研究博弈规律,并研制出了一些很著名的