



警用

智能技术

王昆翔 等 编著



群众出版社

2007

D631-39
1

警用智能技术

INTELLIGENCE TECHNIQUE FOR POLICE

王昆翔 王 普 刘正风 编著
王 哲 张桂花

群众出版社

2004 年 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

警用智能技术/王昆翔等编著. —北京: 群众出版社, 2004. 9
ISBN 7-5014-3267-8

I. 警… II. 王… III. ①智能决策-决策支持系统-应用-公安-工作
②信息技术-应用-公安-工作
IV. D631-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 089459 号

警用智能技术

编 著: 王昆翔 王 普 刘正风 王 哲 张桂花
责任编辑: 白玉生
封面设计: 王 子
责任印制: 连 生

出版发行: 群众出版社 电话: (010) 67633344 转
地 址: 北京市丰台区方庄芳星园三区 15 号楼
邮 编: 100078
网 址: www.qzCBS.com
信 箱: qzs@qzCBS.com
印 刷: 北京京安印刷厂
经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 毫米 16 开本
印 张: 12.25
版 次: 2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 7-5014-3267-8/D·1538
印 数: 0001—2000 册
定 价: 25.00

群众版图书, 版权所有, 侵权必究。
群众版图书, 印装错误随时退换。

序

智能科学技术是现代科学技术研究的热点之一，是具有深远科学意义与广泛应用价值的科技领域。“智能化”是当前新技术、新系统、新产品的开发策略与显著标志。但是，“智能化”不等于“电脑化”，而是在“电脑化”的基础上，应用人工智能的理论、方法和技术，进行系统设计和实现。比如说，计算机是锋利的“宝剑”，那么，人工智能是高明的“剑法”。

中国人工智能学会常务理事、中国人民公安大学王昆翔教授，根据公安系统的实际需要，在多年教学与科研实践的基础上，撰写了《警用智能技术》，这是一本面向公安领域的理论联系实际的好书，其特点是：

理论实际巧结合
学以致用可操作
深入浅出不神秘
循序渐进易掌握

我相信，《警用智能技术》的出版将对我国公安系统的现代化作出积极的贡献。

中国人工智能学会 荣誉理事长
指导委员会主席

涂序亮

2004 年 3 月

编者的话

21 世纪最有活力的两个学科是信息科学技术与生物科学技术,特别是对人脑智能的研究所形成的智能科学与技术,这些都面临极其广阔和美好的发展前景。

智能是现代科学研究的前沿。智能科学是探索人类智能的奥秘与规律及在机器中(或在动物中)复现人类智能的科学。对智能的研究是计算机科学、认知科学、脑科学、逻辑学、思维科学、动物学等学科领域的长期任务。

人类通过学习、推理、判断、规划、决策等思维活动,来解决工作与生活各方面的问题。各行各业的科技工作者及工作人员在自觉不自觉地应用智能科学与技术,并收到了良好的效果。我们公安部门的任务是维护国家的公共安全。一方面是保卫人民,另一方面是惩治犯罪分子。在这两方面我们面临的对象是具有智能的人。因此,作为公安民警应当具有智能科学方面的基本知识,以便解决面临的各种复杂的问题。

《警用智能技术》作为一本科学普及读物,其特点是:以应用为主,突出实用性和可操作性。其内容从应用角度看有三个方面:其一是,对公安的某一领域提出设计方案,为应用者提供具体思路;其二是,构筑了应用框架,只要读者掌握了某种编程语言,就可编程应用;其三是,在某些领域的具体应用,并有编程,可供读者参考。虽然以应用为主,但还是简述了一些相应的原理。从打好基础的角度看,懂一些基本原理,对于消除智能科学与技术的神秘感,对于人工智能应用大有好处。

在书的写法上,充分考虑公安民警的工作需要和认知规律,精心选择内容,采用通俗易懂,循序渐进的方法,将重点放在基本概念和基本操作上。

人工智能是计算机专业的课程之一,所有的计算机课程实践性极强,建议读者一定要理论联系实际,既动手又动脑,入门不难,学会也是办得到的。

《警用智能技术》这本通俗读物的出版,希望对公安队伍的建设起良好的作用,希望成为公安民警一本有用的书。《警用智能技术》一书可作为公安政法院校各专业选修课的教科书及参考书。也可作为警察短期培训的教材。

本书是由刘正风、王普、王哲、张桂花、王昆翔共同编写。在编写过程中得到了,原公安部副部长蒋先进、公安部科学技术委员会主任李润森、原中国人民警官大学校长李子明、中国人民公安大学信息安全工程系教授杨永川、中国人民公安大学科研处处长官一、中国人民公安大学老干部处处长赵羽光的鼓励、支持和帮助并提出了意见和建议。

在百忙中,中国人工智能学会荣誉理事长、教授涂序彦为本书写了序,中国人工智能学会理事长、教授钟义信和中国人民公安大学信息安全工程系教授杨永川审阅了全书。他们为本书的编写提出了很多宝贵的意见和建议。

河北省公安厅网监处的李真、青海省公安厅信息处的马勇、北京市公安局指挥中心的张微、北京市公安局大兴分局的钟敏、宁波市公安局的竺志峰以及黄延浩、高巍、杜建康、邓家望、于阳、徐勇参加了部分工作。在此,对为本书出版作出努力的领导、专家、同行表示深深的谢意!

王昆翔

2004 年 3 月于

中国人民公安大学

目 录

第 1 章 智能与人工智能的基本问题	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 问题、问题空间、搜索	(5)
1.3 知识表达	(10)
1.4 产生式系统启发搜索技术	(11)
1.5 逻辑推理	(18)
1.6 规划	(22)
1.7 学 习	(25)
1.8 专家系统 (Expert System)	(32)
1.9 神经网络	(35)
第 2 章 公安智能决策支持系统	(41)
2.1 决策支持系统	(41)
2.2 公安管理决策专家系统	(43)
2.3 公安领导政务活动辅助决策支持系统	(47)
第 3 章 公安智能化指挥中心	(50)
3.1 110 自动报警系统	(50)
3.2 110 报警中路口控制及出警最短路径选择	(53)
3.3 城市交通导航	(56)
3.4 智能化数字地图定位	(58)
3.5 利用产生式系统对十字路口信号灯的控制	(59)
第 4 章 消防报警系统	(63)
4.1 智能消防报警	(63)
4.2 智能建筑中的火灾报警	(66)
4.3 分布式的城区消防报警专家系统	(68)
第 5 章 公安基层信息管理	(70)
5.1 公安派出所综合信息管理	(70)
5.2 巡警监察	(71)
5.3 治安效益评价	(74)
第 6 章 智能化小区	(77)
6.1 产生式系统的小城区 110 报警	(77)
6.2 智能化小区	(79)

6.3	生活社区的安全服务专家系统	(82)
第7章	刑侦智能技术	(84)
7.1	利用足迹分析案犯人身特征	(84)
7.2	刑事侦查中的案例与规则推理	(87)
7.3	刑侦物证鉴定中的模糊推理	(89)
7.4	侦查询问中的智能技术	(92)
第8章	公安智能生物技术认证	(96)
8.1	IC卡身份认证	(96)
8.2	指纹比对与识别	(99)
8.3	掌纹身份自动识别	(102)
8.4	笔迹鉴定	(103)
8.5	语音识别	(104)
8.6	人脸图像自动识别	(105)
第9章	智能城市交通控制与管理	(115)
9.1	智能协作交通管理	(115)
9.2	高速公路上的事件探测	(118)
9.3	智能交通事故处理	(123)
9.4	汽车外形识别	(128)
9.5	车辆牌照的自动识别	(131)
9.6	驾驶教学专家系统	(134)
9.7	交通事故处理智能决策支持系统 (VCIDSS)	(136)
第10章	电子政务	(141)
10.1	概述	(141)
10.2	电子政务的功能和基本模式	(141)
10.3	电子政务系统的结构与关键技术	(142)
第11章	智能机器人执法	(147)
11.1	概述	(147)
11.2	机器人的基本组成	(148)
11.3	机器人的位姿运动学与力学基础	(149)
11.4	智能机器人	(151)
第12章	警犬智能技术	(154)
12.1	关于警犬的智能问题	(154)
12.2	警犬的追踪训练	(155)
12.3	警犬搜索	(156)
12.4	警犬鉴别	(156)
第13章	智能化的计算机网络安全	(159)
13.1	网络安全概念	(159)
13.2	数据加密变换	(161)

13.3 网络办公安全	(163)
13.4 网络监察	(164)
13.5 防火墙	(167)
13.6 网络安全中的遗传算法	(172)
13.7 关于入侵检测的方法	(176)
13.8 智能邮件过滤系统	(180)
参考文献	(182)

第1章

智能与人工智能的基本问题

1.1 概 述

1.1.1 智能与人工智能

智能是在认识世界与改造世界中，思维过程和脑力劳动所体现出的能力。智能包括感知、思维、行为的能力。如果从信息角度看，智能可以看成是获取、处理、利用信息的能力。智能的实体可以是人类、动物和智能机。智能理论是探索人类智慧的奥秘与规律及在机器中复现人类智慧的科学。目前，研究智能的学科有：

人类：心理学、心理语言学、脑科学、逻辑学、思维科学。

动物：动物心理学、比较心理学。

智能机：计算机科学、人工智能、人工神经网络。

人工智能（AI—Artificial Intelligence）是人类智慧的人工实现方法的科学。它以计算机为工具模拟人类的智慧：学习、判断、联想的活动。或着说，它用计算机模拟、扩展、延伸人类的智慧活动的科学。

智能科学的研究途径如图 1-1 所示。

1.1.2 人工智能（AI）的定义、内容、方法

1. 定义

人工智能就是使计算机工作得像人一样完美。这是对计算机的要求也是它的目标。由于研究者观察问题的角度不同，就有不同的定义方法。有以下四种：

- AI 技术观点：只要机器具有了学习、推理、联想的能力，从技术观点看，就达到了目的。
- AI 模拟观点：用机器复现人脑内部状态（如，思维过程）。

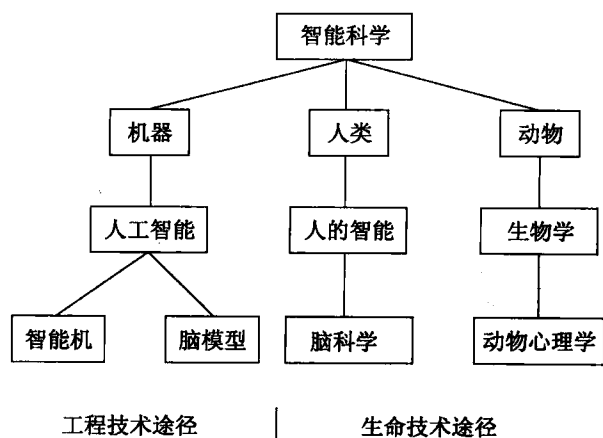


图 1-1 智能与人工智能

●AI 建模观点：将机器模拟人类的外部行为。

●理论观点：形成智能原理。

2. 内容

从智能机角度看，研究的内容有，感觉、思维、行为。从知识角度看，研究的内容有，知识获取、知识处理、知识应用。总之研究的内容可以是，视觉、听觉；知识推理、问题求解；形成智能机系统。

3. 方法

人工智能的方法包括结构法、功能法。

(1) 结构法。这种方法是从脑的生理原型出发，探索思维活动机理的结构模型方法。如，脑模型法，神经网络法。

(2) 功能方法。这种方法是使计算机与心理学结合，通过知识获取、知识表达、知识处理来模拟人的智慧。有三种模式：

●搜索模式：这种方法是为达到目标，不断地寻找、匹配、逼近目标或近似目标。

●规划模式：可以用多层次逻辑等价式来表述多层次的规划过程。

●推理模式：利用已知的事实和规则推出目标（结论）或利用已知目标（结论）运用规则导出直接的前提条件。

1.1.3 机器具有智能的标准

通过图灵机测试机器是否具有智能。方法是由问答器（人）、A（机器）、B（人）组成一个测试系统。由问答器提出问题，A、B 回答问题，如果答案基本一致，则认为 A 具有智能。

1.1.4 几个 AI 经典问题的描述

1. 三子棋（井字棋。Tic - tac - toe）

“井”字构成一个九方格图，二人对弈，一次放一个棋子，先把自己的棋子构成三子一直线为胜。

2. 八数码问题

在一个 3×3 的方框中放有 8 个编号的小方块，挨着空位的方块可以移入空位，通过平移小方块，将某一初始布局，变换到某一终局。

3. 传教士与野人渡河问题

三个传教士、三个野人和一条船在河的左岸。传教士和野人都能撑船；船的最大的准载量为二；而且当野人比传教士多时要伤害传教士。寻找一种渡河的方案。

4. 符号积分问题

已知一积分式 I ，一组积分运算规则。求解 I 。

5. 猴子与香蕉问题

在一房间里有一只猴子站在地板 P_1 处；在地板 P_2 处有一纸箱；在正对地板 P_3 处的天花板上有一串香蕉；猴子可搬动纸箱，而且当纸箱位于 P_3 处时，猴子站在纸箱上可抓到香蕉。制定一个猴子抓到香蕉的方案。

6. 梵塔问题

有左、中、右三根杆以及大小不同且中间穿孔的 N 个盘子，开始时这些盘子都放在左边杆上，可将最顶上的一个盘子移到其他杆上，但不允许出现大盘叠放在小盘之上的情况，把所有盘子移到中间杆上。

7. 货郎旅行问题

有 5 个相互可直达且距离已知的城市 A 、 B 、 C 、 D 和 E 。一货郎从 A 出发，去其他四个城市巡回售货一次后回到 A 。找一最短的售货旅行路线。

1.1.5 什么是 AI 技术？

AI 技术就是指 AI 所使用的方法。这些方法是：

- 搜索与匹配——这是一种解决问题的推理方法。
- 知识的运用——为达到目标，运用我们的经验知识以解决复杂问题的方法。
- 抽象——从一些事件中，分离出主要的特征与变量。

这三项与功能方法中的搜索、推理、规划方法一致。也就是 AI 三技术即知识表达技术、推理技术、系统构成技术。

在这里举两个例子。

1. 关于井字棋

利用方格盘确定数据结构：九个编号作为矢量元素标在棋盘上。把下次的走步结果列成表作为预估值。

确定算法：下一步的棋子的移动，取决于预估值的位置。若位置最好，移动速度最快。

2. 玛丽到商店买新衣

玛丽发现一件红色的衣服，很喜欢，买回家，穿起来合适。这样的问题可以有三种解

决的途径：通过模型、范式、匹配解决一些简单的问题。当匹配成功，就能找到答案。

模型：What did xy ?

范式：Mary go shopping for z ?

匹配：Z 就是答案。

其文本形式有三种输入文本知识表达，即产生式规则、槽和填充结构、数字逻辑中的语句。

构造一个基本环境知识表达式，“She found a red one , She really liked.”

如图 1-2 所示

```

Event2:
    Instance: Finding
    Tense:    past
    Agent:    mary
    Object:   thing 1
Thing1:
    Instance: coat
    Color:    red
Event2:
    Instance: liking
    Tense:    past
    Modifier: Much
    Object:   thing1
  
```

图 1-2 环境知识表达式

关键是找出 Mary、coat、liking、finding 的关系，就能解决问题。

1.1.6 关于人的智能研究

目前关于人自身的智能研究有以下几方面：

1. 基础理论

(1) 四种元理论。物理符号系统；并行分布式连接系统；多功能系统；生态现实系统。

(2) 信息加工基础理论。

2. 注意的认知理论

3. 知觉理论

4. 记忆的认知理论

5. 思维的认知理论

6. 认知神经科学

这门学科是认知科学与神经科学相结合的产物，是用来研究认知活动的脑机制，并阐明人类大脑如何调用各层次上的组件，如，分子、细胞、脑组织区和全脑以实现自己的智能

活动。认知神经科学的一个分支是认知神经生物学，是来研究人类学习、记忆、蛋白分子的变构作用。

1.2 问题、问题空间、搜索

为了解决问题，通常需要构造一个系统。这样，我们要做的是：

- 定义问题。主要确定初始状态、目标状态。
- 分析问题。找出各种因素、特征。
- 提供知识。
- 选择解决问题的最好的方案。

本节解决前两个问题。下一节解决其他两个问题。

1.2.1 定义状态空间及搜索问题

如果有两个水罐，X 罐容积为 4（加仑），Y 罐容积为 3（加仑）。问如何将 2（加仑）水用泵加入 X 罐？

解决此问题应做：

1. 建立空间状态

设有两个水罐 X、Y，用 (X, Y) 描述。

$X = 0, 1, 2, 3, 4$

$Y = 0, 1, 2, 3$

初始状态：(0, 0)；目标状态：(2, n) n 为任意量。

2. 建立规则集

为解决这个问题有 12 条规则可用。这 12 条规则是：

- (1) 将 x 罐加满水。
- (2) 将 y 罐加满水。
- (3) 从 x 罐倒出一些水。
- (4) 从 y 罐倒出一些水。
- (5) 从 x 罐倒空水。
- (6) 从 y 罐倒空水。
- (7) 从 y 罐倒出一些水至 x 罐。
- (8) x、y 罐均不满，将 y 罐的水倒入 x 罐。
- (9) x、y 罐均不满，将 x 罐的水倒入 y 罐。
- (10) 将 y 罐的 2（加仑）倒入 x 罐中。
- (11) 将 x 的 2（加仑）水倒到地面。

3. 控制策略

我们可以用第 2、5、7、8、10、11 条规则求解问题。它给出了解决问题的趋势。通过这个例子可以看出,为解决问题,首先要定义问题,接着要建立一组解决问题的规则并提出解决问题的趋势。

1.2.2 产生式系统

产生式系统 (Production System) 是综合解决问题的形式变换理论。是一种计算模型,可描述任何计算过程。又是最广泛的一种知识表达形式。

1. 产生式系统的组成

●综合数据库 (Global database) GDB

含有初始状态、目标状态、中间状态。

●一组产生式规则。(Production rules) RB

规则的形式是:

IF 前提条件模式 THEN 动作
或 IF A THEN B

说明:如果 A 成立则 B 成立。

前提条件决定对应规则是否可用,规则的动作部分可改变 GDB 的内容。

●控制策略 (Control System) CS

含有可用的选择策略及搜索过程的表达和存储方式。

三者之间的关系是 GDB 在 CS 的作用下,运用 RB 由一种状态变换到另一种状态。

2. 产生式系统的推理方向

(1) 正向 (前向) 推理。搜索规则库中每条规则的前提条件,检查事实库中是否存在。前提条件中各子项若在事实库中不是全部存在,放弃该条规则。若在事实库中全部存在,则执行该条规则,把结论放入事实库中。反复循环执行上面的过程,直至推出目标,并存入事实库中为止。

(2) 逆向 (后向) 推理方向。逆向推理是从目标开始,寻找以此目标为结论的规则,并对该规则的前提进行判断,若该规则的前提中某个子项是另一个规则的结论时再找以此结论的规则,重复以上过程直到找到目标的前提条件,再回溯到目标。

(3) 双向推理方向。初始的 GDB 由问题的初始状态 S 和目标状态 G 组成。RB 中有前向 (FRB) 和后向的规则 (BRB)。终止条件 $T = S_i \wedge G_j$ 。表示在 S_i 下,目标集为一组原问题。

(4) 推理树。规则库中的各条规则之间一般是有联系的。即某条规则的前提条件是另一条规则的结论。我们按逆向推理把规则库所含的总目标 (它是某些规则的结论) 作为根节点,按规则的前提和结论展开成一棵树的形式。连接时有“与”与“或”的关系,从而构成了“与、或”推理树。对于推理树来说,每一条规则对应的节点分支有“与”和“或”的关系,树的根结点是推理树的总目标。相邻两层之间是一条或多条规则连接。所有叶节点,都安排向用户提问,或者把它的值直接放在事实数据库中。

3. 用产生式系统描述七个经典问题

(1) 八数码问题。

●GDB (数据库) 为 3×3 的矩阵

$$\text{初始状态} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 3 \\ 1 & 6 & 4 \\ 7 & \Phi & 5 \end{bmatrix} \quad \text{目标状态} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 8 & \Phi & 4 \\ 7 & 6 & 5 \end{bmatrix}$$

●RB (规则集)

$$\text{IF 模式 THEN} \begin{cases} \text{UP } (\Phi) \\ \text{DOWN } (\Phi) \\ \text{FEFT } (\Phi) \\ \text{RIGHT } (\Phi) \end{cases}$$

(2) 井字棋。

●GDB 应用 (3×3) 矩阵表示。

$$\begin{aligned} \text{初态: } & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \text{目标: } & \begin{bmatrix} A & A & A \\ - & - & - \\ - & - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & - \\ A & A & A \\ - & - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ A & A & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A & - & - \\ - & A & - \\ - & - & A \end{bmatrix} \\ & \begin{bmatrix} A & - & - \\ A & - & - \\ A & - & - \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & A \\ - & - & A \\ - & - & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & A \\ - & - & A \\ - & - & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} - & - & A \\ - & A & - \\ A & - & - \end{bmatrix} \end{aligned}$$

其中“-”可为0, B。

●RB

$$\text{IF 模式 THEN} \begin{cases} \text{PLACE } ([i, j], A); \text{ 表示将 } A \text{ 放入 } (i, j) \\ \text{PLACE } ([i, j], B); \text{ 表示将 } B \text{ 放入 } (i, j) \end{cases}$$

(3) 传教士与野人问题。

●GDB

组成三元组 (M, C, B) M——传教士, C——野人, B——船。

初态: $(3, 3, L)$ L——左岸。

目标: $(3, 3, R)$ R——右岸。

●RB

$$\text{IF 模式 THEN} \begin{cases} \text{BOAT } (0, 1); \text{ BOAT } (M, C) \\ \text{BOAT } (0, 2); \\ \text{BOAT } (1, 0); \\ \text{BOAD } (1, 1); \\ \text{BOAD } (2, 0); \end{cases}$$

(4) 积分符号。

- GDB 由一组积分符号和代数式组成。

初态：含有一个待求解的积分式。

目标：一组代数式。

- RB 由一组重写规则组成。

规则形式为：IF 积分式 I THEN GDB - {I} UI;

如， $I = \int (x+y) dx = \int xdx + \int ydx$

可写成：

IF $\int (x+y) dx$ THEN GDB - { $\int (x+y) dx$ } U { $\int xdx + \int ydx$ }

(5) 猴子与香蕉问题。

- GDB 用数据元组 (P_1, P_2, P_3) 表示猴、箱、香蕉的相对位置。

- RB

· IF 0 THEN $P_1 \rightarrow P_2$; 猴子走向箱子。

· IF 0 THEN $\overline{P_3}$; 猴子不在香蕉下面。

· IF 0 THEN P_3 ; 猴子在香蕉下面。

(6) 梵塔问题。

- GDB 用 N 元组 $(D_1, D_2, D_3, \dots, D_n)$ 表示, $D_i, (i=1, 2, 3, \dots, n)$

- RB

IF 模式 THEN $\begin{cases} \text{MOVE} & (D_i, L); \text{左} \\ \text{MOVE} & (D_i, M); \text{中} \\ \text{MOVE} & (D_i, R); \text{右} \end{cases}$

(7) 货郎旅行问题。

- GDB 初态：A

目标：{A, ..., A}

- RB

IF 模式 THEN $\begin{cases} \text{GOTO} & (A) \\ \text{GOTO} & (B) \\ \text{GOTO} & (C) \\ \text{GOTO} & (D) \\ \text{GOTO} & (E) \end{cases}$

1.2.3 控制策略

控制策略是产生式系统的重要组成部分。控制策略应能加快求解问题的进程，应与目标相适应。

这里讲三种控制策略：广度优先搜索、深度优先搜索、启发式优先搜索。

1. 广度优先搜索

基本思想：从初始节点开始，运用生成规则，生成以下节点，横向扫描，先生成的先检查，直到达到目标节点。

2. 深度优先搜索

基本思想：从初始节点开始，运用生成规则，产生以下各子节点，对与各子节点，晚生成的节点，先扩展，至到找出目标节点。

3. 启发式搜索 (heuristic search)

基本思想：预先确定一个函数，这个函数反应当前节点与目前节点的接近程度，这个函数为启发函数。如，八数码问题中，将“未到目标位的数码个数视为启发函数，以 $h(n)$ 表示。还要考虑深度的影响，深度函数用 $dep(n)$ 表示。这样评估函数 $f(n)$ 为：

$$f(n) = h(n) + dep(n)$$

搜索过程：

①从根节点出发，按生成规则，产生所有子节点后，计算各节点的启发函数值。将启发函数值按大小排列，值小的放在数据库的前面。

②取出函数值最小的点扩展，对扩展的点，计算其启发函数值。

③这些新扩展的点与数据库的点重新排序，函数最小的放在前面，直到最接近目标为止。

算法：

program HEURISTIC SEARCH

初始化；把初始状态存入数据库。

Open: = 1; closed: = 0;

Repeat

Closed 增 1; 取数据库中的所指的节点为当前节点;

For rule: = 1 to maxr do

If 新节点符合条件 then open 增 1, 记录新节点;

If 新节点已存在 then 删去该节点。

Else

求该节点 f 值，把新节点按 f 值的大小插入数据库;

if 新节点是目标 then 输出结果并退出。

End;

Until 队列空。

1.2.4 产生式系统的求解问题算法

procedure production

1. DATA ← 初始 GDB;

2. until DATA 满足终止条件 1, do

3. begin

4. RS ← applicable (RB, DATA);

5. R ← select (RS, control);

6. DATA ← apply (R, DATA);

7. end