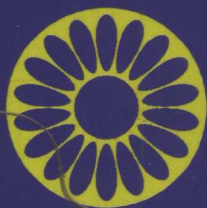

问题求解理论及应用

——商空间粒度计算理论及应用

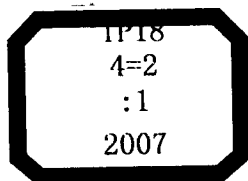
(第2版)

张铃 张钹 著



清华大学出版社



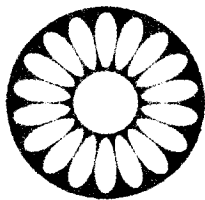


问题求解理论及应用

——商空间粒度计算理论及应用

(第2版)

张铃 张钹 著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

自本书第1版于1990年出版以来,人工智能研究有了很大的进展与变化,问题求解的商空间理论也有了新的发展,吸引了越来越多的研究者的注意,并在一些领域得到应用.因此,有必要对原书进行修订,以反映最新的研究进展及研究热点.

本书第2版共分7章和2个附录.第1章讲述问题的描述方法,关键是不同粒度世界的描述问题.第2章讲述分层递阶原理,重点是其数学模型、分层递阶与计算复杂性的关系以及它的应用.第3章提出一种合成的数学模型,并由此导出合成的原则和方法.第4章提出了网络推理模型,它能够考虑不同层次的推理,并把确定性推理、非确定性推理与定性推理统一和联系起来.第5章重点讲述我们提出的规划的拓扑方法,介绍它的原理及实现技术.第6章讲述时间规划的关系矩阵法,介绍其理论、算法及其完备性.第7章介绍统计启发式搜索方法,分析它的理论、计算复杂性、算法的实现,这种算法的特点及其与分层递阶的关系.最后,在附录中介绍了若干与本书内容关系密切的数学内容,主要是统计推断与点集拓扑的某些概念和结论,作为不熟悉这部分数学内容的读者阅读时参考.

本书是从事计算机、数学以及对人工智能有兴趣的科学工作者的有益参考书.

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售.

版权所有,侵权必究.侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

问题求解理论及应用:商空间粒度计算理论及应用/张铃,张钺著.—2版.—北京:清华大学出版社,2007.3

ISBN 978-7-302-14698-8

I. 问… II. ①张… ②张… III. 问题求解—应用 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021457 号

责任编辑:薛 慧 赵从棉

责任校对:赵丽敏

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京市世界知识印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:175×245 印 张:26 字 数:505 千字

版 次:2007 年 3 月第 2 版 印 次:2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:52.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换.联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:018718-01



前言

Foreword



人工智能 (artificial intelligence, AI) 自 1956 年问世以来, 已经取得了引人注目的进展. 这些进展首先应该归功于符号主义 (symbolicism), 可以认为, 符号主义是这 50 年间人工智能发展的基石.

符号主义把符号作为人类思维的基本元素, 认为认知就是以符号为对象的运算. 因此, 符号主义的思想可以简单地归结为“认知即计算”这一基本原理.

进一步讲, 符号主义理论主要建立在以下两个基本原理之上. 第一个是 A. Newell 的物理符号系统假设 (physical symbol system hypothesis), 即物理符号系统是智能行为的充要条件. 他们把人脑和电子计算机都看成是一种物理符号系统, 因此都能表现智能的行为. 依据这种观点, 使用现代计算机模拟人的智能行为, 自然不存在原则上的困难. 显然, 这个假设为用计算机实现 AI 提供了理论依据. 第二个是 H. A. Simon 的有限合理性原理 (bounded rationality), 这个原理为 AI 提出了一条具体实现的途径, 是 Simon 对 AI 的重要贡献. Simon 从心理学出发, 分析并研究了人类活动的特点. 他注意到人类尽管自身的能力和知识有限, 但却能自如地解决那些看来难以胜任的问题, 并做出正确的判断和决策, 他发现其秘密在于, 人们通常



不是采用系统的、精确的方法去追求问题的最佳解,而是通过逐步尝试的方法,达到有限的合理的目标,即取得所谓足够满意的解.人类就是采用这种方法,避免了计算复杂度高的困难,使原来看来是 NP 难解的问题迎刃而解,这就是有限合理性原理,而由此原理导出的问题求解方法,称为启发式(heuristic)方法.

启发式方法的特点是把知识和搜索相结合,即用搜索来弥补知识的不足,反过来,知识越多越完全,其搜索量就越少.启发式搜索是 AI 中采用的基本方法,如 AI 中已经建立起来的各种问题求解法、基于知识的系统以及启发式搜索策略等均是以此种原理为基础的.实际上,它也是人们求解问题中使用的“试错法”的模型.启发式搜索是求解复杂问题的强有力工具,它使 AI 走向实用,专家系统研制成功以及随后的广泛应用,就是一个例证.这些成就使符号主义为越来越多的人所接受,使它在 20 世纪 70—80 年代的 AI 研究中占据主导地位.

符号主义者把认知归结为符号计算,这当然也受到了许多学者的怀疑与批评,他们指出它的各种局限性.比如,符号主义的核心是知识表示,那么对于像感知、形象思维、模式识别等问题,又该如何“表示”(representation)呢?这是符号主义遇到的难题.于是,近年来,机器学习、神经网络等方法重新崛起.人们把神经网络等方法称为连接主义(connectionism),并与符号主义展开了激烈的论战.

本书第 1 版(1990 年)出版以来,至今已 16 年.这期间 AI 研究有了很大的进展与变化.特别是从 20 世纪 80 年代开始,AI 研究发生了两个重大的转变,一个是越来越重视将成熟的现代科学工具与方法引入 AI,使之向“科学”(science)靠拢;另一个是 AI 逐步从玩具世界走向现实世界,越来越重视能解决现实问题的实用方法与技术的研究.

我们认为,认知现象是复杂的,符号主义也好,连接主义也罢,表面上看起来似乎相互对立,实际上它们都只是从不同的侧面或不同的层次上观察同一对象所得出来的不同结果,各从不同的角度反映了被观察对象的某一部分性质,因此有可能相互统一和结合.在 AI 发展的早期,启发式方法起过重要的作用,人们总是先通过直觉提出 AI 的初步假设,然后在玩具世界中验证假设的合理性,这种方法已经成为公认的 AI 方法,成为 AI 的标志.时间久了,人们以为 AI 方法就是这种经验的凑试方法,与严格的科学方法无缘.实际上这是一种误解.随着 AI 走向成熟,越来越多的现代科学渗入其中,诸如数学、经济学、运筹学、博弈论、控制理论等,AI 的严格理论体系也将逐步形成.本书第 2 版的编写,充分考虑到 AI 研究的这些发展与进步,与第 1 版相比有许多重要的变化.首先本书的目的不是讨论智能的本质,而是从建造智能机器(intelligent machine)这一工程目的出发,讨论 AI 的理论与技术.在这一版中,我们把更多



的精力放在探讨 AI 的理论体系上,希望使 AI 逐步地成为一门科学. 作者从 1979 年开始从事 AI 的研究工作,并结合具体的科研项目,开始着重研究 AI 中的规划与搜索问题,随着研究的深入,越来越感到需要运用数学工具建立一个统一的问题求解理论. 于是我们建立了一种代数商结构(quotient structure)的形式化体系,对被观测问题(对象)的层次结构进行描述,并运用这种理论和方法解决推理、规划和搜索等若干领域所面临的问题.

在本书第 1 版出版以来的 16 年间,问题求解的商空间理论有了新的发展,引起了国内外学者和同行的关注,并在其他一些领域得到应用,如遥感图像分析、聚类分析等. 此外,由于模糊集、粗糙集理论在实际应用中取得成功,越来越多的研究者对不确定性的计算模型产生兴趣,我们进一步将商空间的理论和方法推广到非等价划分和模糊等价关系等,研究了商空间理论与粗糙集、模糊集理论之间的关系,将商空间理论扩展到处理不确定性问题领域. 在以上工作的基础上,进一步将其发展成为一种以商空间理论为基础的粒度计算(granular computing)理论,从而能够覆盖和解决 AI 中更多领域的问题,比如学习问题,使之成为更加一般和通用的理论体系.

由于把 AI 定位为建造智能的机器,因此有必要讨论一下机器智能与人类智能的关系.

显然,建造智能机器需要研究、借鉴并学习人的智能的原理,但二者毕竟有区别. 这只要看一下其他机器的发明就很清楚了. 比如飞机的发明固然受到飞鸟的启迪,借鉴了鸟类飞行的某些原理,但它并不是简单地模仿鸟类扑翼飞行的机制,而是根据人造机器本身的特点,根据空气动力学原理,创造出比自然物飞得更快、更高和更远的“人造鸟”. 再如汽车,它与人腿的步行原理并不相同,但不可否认,汽车确实代替并实现了人腿的某些功能,在某些方面甚至超过人的步行能力. 我们认为,上述机器与人体器官之间存在的关系,也将存在于当今的“电脑”与人脑之间,即 AI 与人的智能之间. 建立在以符号主义为基础的计算机模式(computer style)之上的机器智能,它的硬件结构与人脑的结构固然不同,但 AI 50 年的实践表明,在建造机器智能上它是成功的、有效的,当然它也有自己的局限性. 目前提出的以连接主义为基础的大脑模式(brain style)的 AI,其结构与人脑的结构有许多相似之处,因而在模拟人脑功能上会有一些新特点,是一种可取的 AI 技术. 但不可否认,目前还只是开头,其道路也是十分艰难的. 这好比目前有人研制模仿人腿的步行机器,由于这种机器酷似人腿,因而会具有人腿的某些特点,但是不能因为汽车的外观不像人腿而否定汽车也是一种代步工具. 在代替人腿的功能上,汽车以及未来的步行机器都是一样的,都是一种有效的代步工具. 因此,符号主义也好,连接主义也罢,从建造智能机器的角度来看,它们都是一种可行的途径. 通向智能的道路不是唯一的.

本专著共分 7 章和 2 个附录. 第 1 章讲述问题的描述方法, 关键是不同粒度世界的描述问题. 提出一种可以描述不同粒度世界的商空间模型, 这一章着重讲述这个模型, 它也是贯穿全书的理论基础. 第 2 章讲述分层递阶原理, 它不仅是 AI, 而且也是控制与信息理论中的重要概念. 本书是从人类求解问题的一种思维方法来分析和讨论这个问题, 重点在于建立它的数学模型, 分析分层递阶与计算复杂性的关系以及它的应用. 第 3 章讲述合成技术, 它是分层分析的反过程, 即从不同观察角度、不同来源所取得信息的综合问题. 书中提出了一种合成的数学模型, 并由此导出合成的原则和方法. 第 4 章介绍推理模型, 人工智能中虽然已经有了若干推理的模型, 但这里提出的网络推理模型与已有的模型有所不同, 即能够考虑不同层次的推理, 而且把确定性推理、非确定性推理和定性推理统一和联系起来. 这一章还介绍了网络推理中合成与传播的规律. 第 5 章介绍运动规划, 除简单介绍目前较普遍采用的几何法外, 重点讲述我们提出的规划的拓扑方法, 介绍它的原理及实现技术. 第 6 章介绍时间规划, 讲述时间规划的关系矩阵法, 它的理论、算法及完备性. 第 7 章介绍统计启发式搜索方法, 分析它的理论、计算复杂性、算法的实现, 这种算法的特点及其与分层递阶的关系. 最后, 在附录中, 介绍了若干与本书内容关系密切的数学内容, 主要是统计推断与点集拓扑的某些概念和结论, 以供不熟悉这部分数学内容的读者阅读时参考.

本书内容均取自近年来我们理论研究的成果, 这些研究得到国家自然科学基金(60621062, 60475017)、国家教委博士点基金(20040357002)以及国家 973 基础研究计划(2004CB318108, 2003CB317007)的支持. 其中有些内容已应用到实际中, 因而比较完整和系统. 有些内容还只是初步的探索, 有待发展和深化, 错误或不完善之处在所难免, 欢迎读者批评、指正.

本书一部分材料来自于作者指导下研究生的试验研究成果, 作者对此表示衷心的感谢.



目 录

Contents

第 1 章 问题描述	1
1.1 问题提出	1
1.2 不同粒度世界的描述	4
1.2.1 不同粒度世界模型	4
1.2.2 商空间的定义	6
1.3 不同粒度世界的获得	7
1.3.1 对论域进行颗粒化	7
1.3.2 利用属性进行颗粒化	8
1.3.3 结构的颗粒化	10
1.4 不同粒度世界的关系	12
1.4.1 多粒度世界的结构	12
1.4.2 粒度世界结构的完备性	14
1.5 性质的保持性	18
1.5.1 保假原理	18
1.5.2 商结构	27
1.6 粒度的选择与调整	27
1.6.1 合并法	28
1.6.2 分解法	29
1.6.3 商半序的存在性与唯一性	35
1.6.4 合并、分解方法的几何意义	36
1.7 小结	37



第 2 章 分层递阶	38
2.1 分层递阶模型	38
2.2 计算复杂性估计	40
2.2.1 对复杂性估计的假设	40
2.2.2 确定性模型下的复杂性估计	41
2.2.3 概率模型下的复杂性估计	45
2.2.4 分层方法中的逐次运算	52
2.3 上层空间信息的提取	52
2.3.1 例	54
2.3.2 论域无结构情况下 $[f]$ 的构成	55
2.3.3 论域有结构情况下 $[f]$ 的构成	57
2.3.4 小结	66
2.4 模糊等价关系与分层方法	66
2.4.1 模糊等价关系的性质	67
2.4.2 模糊商空间的结构	72
2.4.3 聚类与分层结构的求法	74
2.5 模糊商空间理论的应用	75
2.5.1 引言	75
2.5.2 模糊集的结构性定义	77
2.5.3 构造性模糊集定义的鲁棒性	81
第 3 章 合成技术	88
3.1 引言	88
3.2 合成的数学模型	89
3.3 论域的合成	90
3.4 拓扑结构的合成	92
3.5 空间结构为半序结构情况的结构合成	92
3.5.1 商半序的图上构成法	92
3.5.2 半序结构的合成	94
3.6 属性函数的合成	98
3.6.1 属性函数的合成原则	98
3.6.2 例	100
3.6.3 小结	105
3.7 商逼近	106



3.7.1	引言	106
3.7.2	系统性能分析中的商空间方法	106
3.7.3	商空间逼近与第二代小波分析	109
3.7.4	商空间逼近法与小波分析的关系	113
3.7.5	结论	115
3.8	商空间理论的推广	116
3.8.1	引言	116
3.8.2	基于闭包运算的商空间理论	117
3.8.3	基于非划分模型的商空间理论	121
3.8.4	从粒度计算的角度分析商空间理论	125
3.8.5	蛋白质结构预测问题:相容关系的一个应用	127
3.8.6	小结	131
3.9	小结	131
第4章	推理模型	133
4.1	各种不同的推理模型	133
4.2	不确定性与粒度的关系	137
4.3	网络推理模型(一)	140
4.3.1	投影问题	142
4.3.2	合成问题	144
4.4	网络推理模型(二)	150
4.4.1	模型的建立	154
4.4.2	与或关系的投影	155
4.4.3	与或关系的合成	157
4.4.4	结论	160
4.5	运算与商结构	161
4.5.1	商运算的存在性	162
4.5.2	商运算的获取	164
4.5.3	商运算的逼近	171
4.5.4	约束与商约束	175
4.6	定性推理	179
4.6.1	定性推理的模型	179
4.6.2	例	180
4.6.3	定性推理的步骤	184
4.7	基于商空间结构的模糊推理	184



4.7.1	基于商空间模型的模糊集论	185
4.7.2	模糊化的商空间理论	186
4.7.3	三种粒度计算方法的转换	187
4.7.4	概率推理模型的转换	188
4.7.5	结论	188
第5章	运动规划	189
5.1	人工智能中的规划问题	189
5.1.1	简单世界的规划问题	190
5.1.2	现实世界的规划问题	192
5.1.3	空间规划	200
5.2	运动规划的几何方法	201
5.2.1	姿态空间表示	201
5.2.2	求无碰路径	202
5.2.3	小结	205
5.3	运动规划的拓扑模型	206
5.3.1	问题求解的拓扑方法的数学模型	206
5.3.2	无碰路规划的拓扑模型	208
5.4	降维法	213
5.4.1	基本原理	213
5.4.2	特征网络	217
5.5	应用	225
5.5.1	平面杆件的无碰路规划	225
5.5.2	多关节机械手的规划	230
5.5.3	多粒度方法的应用	235
5.6	相碰检测	237
5.6.1	计算模型的讨论	237
5.6.2	计算量的估计	245
5.7	商空间方法在机械装配规划中的应用	245
5.7.1	引言	245
5.7.2	基于商空间的机械装配规划方法	246
5.7.3	讨论	252
第6章	时间规划	256
6.1	时间规划方法中存在的问题	256

6.2	时间规划的关系矩阵方法(一)	258
6.2.1	基于点关系的时间逻辑	258
6.2.2	时间关系的关系矩阵表示法	261
6.3	求 R -时刻表	262
6.3.1	几个概念	262
6.3.2	关系矩阵的简化	263
6.3.3	求 R -时刻表的算法	264
6.4	求 D -时刻表	272
6.4.1	几个符号	272
6.4.2	求基本赋值	273
6.4.3	算法 II 的完备性	276
6.4.4	求 D -时刻表的算法	283
6.5	求最优 D -时刻表	289
6.5.1	引言	289
6.5.2	求最优 D -时刻表的算法	290
6.5.3	算法 III' 的计算量	291
6.6	时间规划的近似解	292
6.6.1	求 ϵ -近似 D -时刻表的方法	292
6.6.2	算法 IV 的完备性	293
6.6.3	求渐近最优 D -时刻表	295
6.7	时间规划的关系矩阵方法(二)	295
6.7.1	关系矩阵的构成	296
6.7.2	求 R -时刻表的方法	298
6.8	资源分配	299
6.8.1	时差	299
6.8.2	劳动力分配方法	300
6.9	商空间方法在时间规划中的应用	303
6.9.1	问题的提法	303
6.9.2	商空间理论中的保假原理	303
6.9.3	多成分的时间规划问题的商空间方法	304
6.9.4	例	305
第 7 章	统计启发式搜索	309
7.1	统计启发式搜索	311
7.1.1	启发式搜索方法	311



7.1.2	统计推断	313
7.1.3	统计启发式搜索	315
7.2	SA 法的计算复杂性	317
7.2.1	SPA 算法	317
7.2.2	SAA 算法	320
7.2.3	其他类型的 SA 法	322
7.2.4	逐次运算	324
7.3	统计启发式搜索方法的讨论	325
7.3.1	统计启发式搜索方法与商空间理论	325
7.3.2	假设 I 条件的讨论	326
7.3.3	统计量的讨论	329
7.3.4	SA 算法	336
7.4	统计启发式搜索方法与 A* 法的比较	337
7.4.1	与 A* 法的比较	337
7.4.2	与其他加权技术的比较	340
7.4.3	其他方面的比较	349
7.5	图搜索的 SA 法	351
7.5.1	图搜索问题	351
7.5.2	与/或图搜索	352
7.6	商空间粒度计算方法与启发式搜索	354
附录A 点集拓扑的一些概念与性质		356
A.1	关系与映射	356
A.1.1	关系	356
A.1.2	等价关系	357
A.1.3	映射、一一映射	357
A.1.4	有限集、可数集、不可数集	358
A.2	拓扑空间	358
A.2.1	距离空间	358
A.2.2	拓扑空间	359
A.2.3	导集、闭集、闭包	359
A.2.4	内部、边界	360
A.2.5	拓扑的基和次基	361
A.2.6	连续映射与同胚	361
A.2.7	拓扑的比较、积空间、商空间	362



A. 3	分离性公理	363
A. 3.1	T_0, T_1, T_2 空间	363
A. 3.2	T_3, T_4 , 正则, 正规空间	364
A. 4	可数性公理	364
A. 4.1	第一与第二可数性公理	364
A. 4.2	可分空间	365
A. 4.3	Lindelof 空间	365
A. 5	紧性	366
A. 5.1	紧空间	366
A. 5.2	紧性与分离性公理关系	366
A. 5.3	几种紧致性的关系	366
A. 5.4	局部紧与仿紧	367
A. 6	连通性	367
A. 6.1	连通空间	367
A. 6.2	连通分支与局部连通性	368
A. 6.3	弧连通空间	369
A. 7	序关系、Galois 连通和闭包空间	370
A. 7.1	序关系和 Galois 连通	370
A. 7.2	闭包运算与闭包空间	372
A. 7.3	由不同公理定义的闭包运算	376
附录B	积分与统计推断的一些概念与性质	379
B. 1	积分的一些性质	379
B. 1.1	有界变差函数	379
B. 1.2	LS 积分	380
B. 1.3	在积分符号下取极限	381
B. 2	中心极限定理	382
B. 3	统计推断	383
B. 3.1	SPRT 法	383
B. 3.2	ASM 法	385
索引		389
参考文献		393

1.1 问题提出

人工智能的方法和技术已经应用到许多不同的学科领域,为今后讨论的方便,我们阐述其中的若干内容.

专家咨询系统. 这些系统是在特定的学科领域中,代替专家的咨询工作,向用户提供咨询与建议. 在已经建立的专家系统中,有能够诊断疾病的,有分析石油勘探数据的,有安排调度计划的,等等. 这些系统通常都采用一种基于规则的推理方法,专家的知识用一组推理规则来表示. 系统通常按下列方式工作: 从给定的数据或事实出发,从系统中选取合适的规则,一边引导系统与用户之间的对话,一边产生新的结论,不断地运用推理规则,直至得到所需的结论.

机器定理证明. 机器对数学中的某个定理寻找其证明. 即从一组已知的公理出发,运用推理规则,不断地产生中间的定理,直到所需的定理被证明为止.

人工智能中不少的问题领域可以做类似的形式化,变成某种形式的推理过程.

自动程序设计、自动调度与决策、机器人动作规划等具有相似的性质,可以归纳成如下的一般任务,即给定一个目标,要求机器在满足预先给定的约束条件下,规划出一系列的操作(或动作),以达到给定的目标. 这类问题又称**约束满足**

(constraint satisfaction)问题。

视听觉识别. 输入一组视觉或听觉的信号序列,要求机器理解所“看到”或“听到”的信号,即识别看到的是什么物体,听到的是什么内容。

凡此种种,均要求智能,它们都是人工智能的重要研究课题。为了建造具备上述智能的计算机,就要求对上述问题的求解过程作出形式化的描述,简称问题描述(problem description)或问题表达(problem representation)。现先介绍两个常用的描述方法。

状态空间法(state-space representation)。该方法以三个基本要素来描写要解决的问题。一是用符号结构或知识库来表示问题可能解的子集。二是一组算子或产生式规则,描述各个符号结构之间的关系。当一个规则作用于某个符号结构上时,该符号结构被细化,产生新的符号结构,代表一个更精确的可能解的集合。最后一个是控制策略,代表着选取规则的原则与策略。有了以上三种要素,就可以把一个问题的求解过程描述为状态空间的搜索或图的搜索。在这里,图中的每一个结点表示一个符号结构,连接两个结点的一条弧,表示一个推理规则,控制策略就是图搜索策略。

状态空间法可以描述相当一类问题的求解过程,自动推理、机器定理证明等可以看成状态空间中目标结点的搜索问题;而机器人动作规划、自动程序设计等可以形式化为状态空间的路径搜索问题。

以专家系统 PROSPECTOR 为例^[1],它的任务是估计潜在的矿床。图 1.1 是以状态空间表示的推理网络的片断。图中的结点(以方框表示)表示其可能解的子集,如均匀结构的硫化矿沉积,表示一个可能解的类,具体的解(如某种矿床)包含在这个子集中。随着推理的深入,解也越来越明确。结点之间的连线表示不同的推理规则,如规则 3,规则 14 等。这些规则代表了具体的探矿知识。

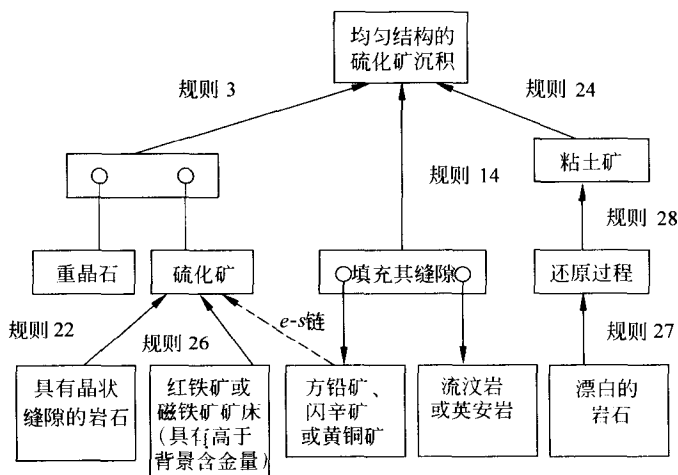


图 1.1 问题的状态空间描述法

另一种描述方法称为问题归约法(problem-reduction representation),它把一个复杂的原问题分解为若干子问题,这些子问题比原问题简单.然后分别求解子问题,子问题又可进一步分解为更简单的子问题,直到可以解决为止.这种描述方法,把问题的求解变为“与/或图”的搜索.它与状态空间法不同之处是,后者是搜索一个目标结点或一条路径,而前者是搜索一个目标子图.

举例来说,假设设计一台电子仪器,可以把整机的设计任务,分解为几个部件的设计,如电源部件、显示器部件设计等.部件设计又可分解为更小的部件设计,如电源进一步分解为变压器、整流器设计等,如图 1.2 所示.

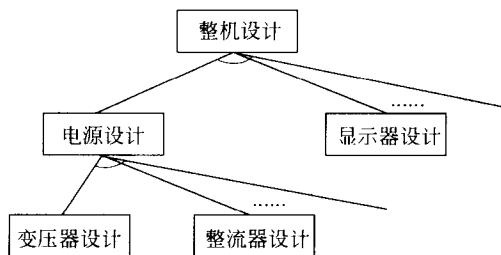


图 1.2 问题的归约描述法

上面讲述的两种问题描述方法,虽然可以描述相当广泛的问题求解过程,但它们还不能描述人类问题求解中的某些重要特点,而这些特点在反映人类智能上又是至关重要的.我们将进一步讨论这个问题.

人类智能的一个公认特点,就是人们能从极不相同的粒度(granularity)上观察和分析同一问题.人们不仅能在不同粒度的世界上进行问题求解,而且能够很快地从一个粒度世界跳到另一个粒度世界,往返自如,毫无困难.这种处理不同粒度世界的的能力,正是人类问题求解的强有力的表现^[2].

设想一位正在思考全厂生产规划的设计人员.当他考虑全厂的初步生产计划时,他立即忽略掉工厂的许多具体细节:机床是什么样子,安装在什么地方等.这时,工厂在他看来只不过是由若干个车间组成的“方块图”而已,即他以很粗的粒度来描述工厂.随着计划的深入,当不能不考虑车间内部的细节,如有多少工段,各工段又有几个班组时,他又进入一个较细粒度的世界观察和分析问题.一旦需要重新考虑某个全局性的问题时,他又马上返回工厂的粗粒度世界.总之,他可以在不同粒度的世界里来去自由.

对于一台计算机,事情就不那么简单了.我们即使把工厂的全部细节表示在计算机内部,如有多少机床,多少螺丝、螺母,多少工人等,可是,却存在计算机如何从中生成工厂全局的“方块图”,如何根据求解问题的需要选择合适的粒度,以及不同粒度世界之间如何转换等问题.