

基于规则引擎的 地图注记自动配置 方法研究

张志军 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

基于规则引擎的 地图注记自动配置 方法研究

张志军 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于规则引擎的地图注记自动配置方法研究/张志军著. —武汉:
武汉大学出版社, 2018. 8

ISBN 978-7-307-20346-4

I. 基… II. 张… III. 地图制图自动化—测绘注记—研究
IV. P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 145601 号

责任编辑:鲍 玲 责任校对:汪欣怡 版式设计:汪冰滢

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷:北京虎彩文化传播有限公司

开本:720 × 1000 1/16 印张:11 字数:195 千字 插页:1

版次:2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-20346-4 定价:42.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

序 言

伴随着人类社会高速发展，我们所处地球的地表形态的变化也日益加速，尤其是在人口密集的城市空间，新的高楼大厦、广场绿地、道路桥梁等不断出现，人类活动场所，如餐厅、店面、企业的变更也日益频繁。一直以来，地图都担负着为人类社会活动提供及时、准确、易读、丰富的空间信息的使命。新时代下，地图制图界面临着前所未有的机遇和挑战。

目前，在地图制图过程中，占据着制图员绝大部分精力的工作是交互式注记配置及其冲突处理。为了将这部分工作实现智能化，本书旨在通过记录、积累和利用制图员的“人工”经验，寻求“智能”的地图注记自动配置方法。作者从地图注记配置的原理着手，以计算机技术中的知识表达与推理、搜索匹配等技术为突破口，为实现地图注记的自动化配置提供了有效途径，其研究成果对数字环境下地图制图综合也有一定的支持作用。

本书详细介绍了地图注记配置的方法、规则、语言，构建了地图注记自动配置技术参数体系，提出了地图注记配置模式的概念，用规则引擎技术记录了地图注记配置知识，同时实现了配置参数的自动推理，并结合格式塔心理学实现了配置结果的视觉评价。本书内容对于一般地图制作、电子地图开发等相关领域人员具有重要的参考价值。

李 霖

前 言

自 20 世纪 60 年代末至今, 地图制图界对地图注记自动配置的研究从未间断过, 这一古老的问题一直是相关领域的难点与热门研究议题。规则引擎的思想是将可变的业务规则从具体实现代码中独立抽象出来, 形成独立的规则, 再加上对这些规则的管理与执行。就目前的制图规范和制图经验而言, 地图注记配置规则只给出了一般性的要求, 如易读、不压盖、无歧义等, 具有模糊性、抽象性和随意性。然而在技术领域, 情况正好相反, 一种地图注记配置算法只能针对一组具体的配置规则, 如“注记应配置在要素的内部主骨架线上”。这个矛盾导致了目前地图注记自动化配置难以顾及地物要素个体之间的差异。规则引擎的出现为调和这一矛盾提供了契机, 本研究以计算机技术中的知识表达与推理、搜索匹配等技术为突破口, 为实现地图注记的自动化配置提供了一条新的途径, 研究成果对数字环境下地图制图综合也有一定的支持作用。

地图注记配置过程是一个智能行为, 在遵守制图规范的基础上, 根据要标注的地物要素的实体特征和重要性等级确定地图注记的样式与布局。其中样式包括字体、字形、字号、字色、字型; 布局包括字列、字顺、字向、字位、字隔。同时, 地图注记的文字从形式上分为符号文字和拼写文字, 这两种形式的注记配置方法有很大的差异, 我国文字为符号文字, 其自动化配置较欧美等使用的长条拼写文字难度更大。

本研究综合考虑地图注记配置算法的合理性、整体性、系统性等因素, 突破传统的地图注记按地物要素的类型分类的束缚, 综合考虑地物要素的类型、属性语义和符号图形特征, 提出了地图注记配置模式的概念。配置模式在考虑地物要素的类型、属性之外还兼顾了影响地图注记位置的符号图形变量, 如地物要素符号图形的大小、方向, 密度等。结合我国地图特征, 提出了八种地图注记配置模式: 点注记配置模式、线-点注记配置模式、平行线注记配置模式、缓冲线注记配置模式、主骨架线配置模式、中轴线配置模式、凸壳配置模式和散列式配置模式。各配置模式采用相应的配置方法计算地图注记的表达形式和候选位置。

格式塔心理学是兼顾认知心理学与图形学的一个领域, 主要研究图形组合

方式对人类认知上产生的影响。基于格式塔原理,本书提出了影响地图注记位置的五个注记质量评价因子及其度量方法,构建了地图注记质量评价模型。

地图注记配置规则从地图信息传输角度出发,兼顾地图整体效果与地图注记自身的功能,包含地图注记的配置条件、配置优先级、约束条件、配置方法、处理策略等。实现地图注记自动配置的第一步就是形式化地表达地图注记配置规则,即建立注记配置规则库。本书将知识表达和推理技术与地图注记配置的实际情况相结合,详细探讨了地图注记配置规则体系,研究了地图注记配置知识库的结构、建立和维护方法,实现了数字环境下注记配置规则的形式化表示。注记配置知识库包括注记事实库、配置规则库、冲突规则库、处理规则库和配置参数库。

规则引擎诞生的目的在于解决复杂的业务规则解析问题,它通过规则文件来存储业务逻辑,而通过对规则文件的解析来处理业务,从而达到了业务逻辑与处理逻辑的分离。本研究立足于这一功能特性,一方面研究服务于制图人员的地图注记配置知识的描述与形式化表达,通过规则语言将这些知识写入 RuleML 文件,进行解析;另一方面在深入研究知识推理技术的基础上,提出了基于改进的 Rete 算法实现地图注记配置模式和配置参数推理的方法,并提出基于规则引擎的地图注记自动配置框架。

在地图注记优化方面,本书从制图实践经验出发,立足于研究顾及全要素的优化策略。在数字环境下对制图专家注记配置思维形式的模拟,提出了地图中所有注记应按对地图的拓扑领域划分来控制地图注记的优化,从而克服了传统按层优化配置的局限性。

本书对上述的算法、推理进行了实验性验证。实验建立了 1:5 万和 1:25 万地形图地图注记配置知识库,基于 NxBRE 实现了地图注记自动配置原型系统。

本书的研究成果得到了国家自然科学基金“基于差分式更新的数字地图制图模型研究”(40871178),天津市“131”创新型人才培养工程,天津市测绘院“快速制图”等科研项目的联合支持,天津市测绘院提供了制图所需数据,武汉大学提供了制图知识和制图模型。

感谢武汉大学李霖教授给予指导,感谢武汉大学出版社,特别是王金龙社长的大力支持,他们的辛勤付出才促成了本书的顺利出版。

本书是在作者博士论文的基础上经过完善而成的。书中难免会有纰漏和不足之处,敬请读者批评指正。

作者

2018 年 8 月于天津

目 录

引言.....	1
第一章 绪论.....	4
1.1 地图注记自动配置问题的提出与发展	5
1.1.1 地图学科发展使得地图注记配置自动化走向必然	5
1.1.2 GIS 平台为地图注记配置研究提供了技术支持	5
1.2 规则引擎的提出与发展	6
1.2.1 规则引擎产生的背景	6
1.2.2 规则引擎的概念	7
1.2.3 规则引擎的应用与发展	8
1.3 国内外相关研究与进展	9
1.3.1 地图注记配置相关的研究进展	9
1.3.2 知识表达方式的研究进展.....	17
1.3.3 知识推理技术的研究进展.....	18
1.3.4 规则引擎的研究进展.....	19
1.4 主要研究内容与目标.....	21
1.4.1 主要研究内容.....	21
1.4.2 研究目标.....	22
1.5 内容编排与框架.....	22
第二章 支持地图注记自动配置的相关模型	25
2.1 地图注记.....	25
2.1.1 地图注记的功能.....	25
2.1.2 地图注记的分类.....	27
2.1.3 地图注记的设计.....	29
2.2 地图注记配置方法.....	33

2.2.1 传统的地图注记配置方法	33
2.2.2 数字环境下的地图注记配置方法	33
2.2.3 基于规则引擎的地图注记自动配置方法	34
2.3 地图注记模型	36
2.3.1 地图注记表达模型	36
2.3.2 地图注记配置模型	39
2.3.3 地图注记对象模型	40
2.4 本章小结	41
第三章 基于格式塔原理的地图注记评价模型	43
3.1 格式塔心理学概述	43
3.1.1 背景介绍	43
3.1.2 格式塔心理学简介	44
3.1.3 格式塔视知觉组织原则	45
3.2 地图注记配置的总体原则	49
3.3 影响注记位置质量的因素	50
3.4 单项评价指标的评价模型	53
3.5 地图注记质量综合评价模型	56
3.6 本章小结	56
第四章 地图注记配置模式	57
4.1 影响地图注记位置的要素符号图形变量	57
4.2 注记配置模式	59
4.2.1 点注记配置模式	60
4.2.2 线-点注记配置模式	62
4.2.3 平行线注记配置模式	64
4.2.4 缓冲线注记配置模式	68
4.2.5 中轴线注记配置模式	69
4.2.6 主骨架线注记配置模式	71
4.2.7 凸壳注记配置模式	74
4.2.8 散列式注记配置模式	75
4.3 地图注记配置模式选择	76
4.3.1 基于要素类型特征的地图注记配置模式选择	77

4.3.2 基于要素语义的地图注记配置模式选择.....	78
4.3.3 基于符号图形特征的地图注记配置模式选择.....	78
4.4 本章小结.....	79
第五章 地图注记配置知识形式化表达及其推理技术	80
5.1 知识的形式化表达.....	80
5.1.1 知识的定义.....	80
5.1.2 知识的特征.....	81
5.1.3 知识表示.....	83
5.2 基于 RuleML 的地图注记配置知识的表示	92
5.2.1 RuleML 概述	92
5.2.2 地图注记配置知识.....	97
5.2.3 基于 RuleML 的地图注记配置知识的表示	101
5.3 知识推理技术	104
5.3.1 知识推理方法与分类	105
5.3.2 知识推理的控制策略	106
5.3.3 基本的推理技术	109
5.3.4 模式匹配	111
5.4 Rete 概述	113
5.4.1 Rete 算法简介	114
5.4.2 索引计数匹配法	114
5.4.3 Rete 模式匹配算法	115
5.4.4 Rete 匹配网络及其建立	116
5.4.5 Rete 算法匹配过程	118
5.5 一种改进的 Rete 推理算法	119
5.5.1 Rete 算法的不足之处	119
5.5.2 Rete 算法的改进	119
5.6 本章小结	121
第六章 基于规则引擎的地图注记自动配置框架	123
6.1 产生式系统	123
6.1.1 系统组成	123
6.1.2 推理过程	125

6.1.3 冲突消解策略	126
6.2 规则引擎 NxBRE	127
6.2.1 NxBRE 简介	127
6.2.2 推理引擎(Inference Engine)	129
6.2.3 NxBRE 运行模式	131
6.3 基于规则引擎的地图注记自动配置	132
6.3.1 基于规则引擎的地图注记自动配置模式框架	132
6.3.2 注记对象绑定	133
6.3.3 地图注记配置模式推理	135
6.3.4 地图注记配置参数的推理	137
6.3.5 地图注记优化组合	138
6.4 本章小结	140
第七章 原型系统实现与应用研究	141
7.1 原型系统开发环境	141
7.2 原型系统功能构架	142
7.3 原型系统的实施路线	144
7.4 原型系统模块实现	145
7.4.1 注记知识库管理模块	145
7.4.2 注记配置执行模块	146
7.4.3 注记知识推理模块	147
7.4.4 注记优化模块	149
7.4.5 注记配置主模块	150
7.5 地图注记自动配置实验与结果分析	151
7.6 实验总结	154
第八章 结语	155
参考文献	158

引言

人类从未放弃过对其赖以生存的自然环境的探索和认知,而地理信息是人类对于现实世界认知的重要组成部分,并且伴随着人类对客观世界改造的全过程。在人们日常生活过程所接触到的信息中约有 70% 是地理信息。地图是人类认知空间环境的结果,也是人类进行空间认知的工具。地图正是一种利用图形来传输空间信息的工具,是人类与空间地理环境进行沟通的桥梁。地图成为地理信息的主要传输载体,被称为“是除了人类所共有的文字语言和音乐语言以外,供人类信息交流的第三语言”(Taylor, 1993)。在相当长的时期内,地图是人们描绘地球表面有形或无形空间现象的唯一手段,几千年来为人们提供了地理信息的外部表达方式(Mark, 1999)。陈述彭院士认为:“随着科学技术的进步,地图是永生的。”在计算机的数字环境下,地图的功能得到了进一步强化,地图已成为“数字城市”、“数字国家”与“数字地球”的科学、庄重与直观的表达形式,成为一切空间信息系统与人们交流的窗口(王家耀, 2002)。

地图注记是地图中的一个重要而又必不可少的组成部分,地图符号是由图形语言构成的,而地图注记作为一种自然语言符号,弥补了地图符号的不足。地图注记使得地图具有了很强的可阅读性,使得读图者可以充分获取地图上所表达的各种信息。一幅地图质量的好坏在很大程度上取决于地图注记质量的好坏(Ahn, Freeman, 1984)。

手工进行地图注记是一项细致、复杂而又费时的工作。据统计,手工进行地图注记在整个地图制作的过程中需要花费 50% 甚至更多的时间(Yoeli, 1972)。因此,如何提高地图注记的效率,实现数字环境下地图注记的自动配置是数字制图研究领域一个重要的任务和目标。另外,计算机科学、计算几何、数据库、空间分析、图形图像处理、数学形态学、机器视觉等学科和技术的发展,也有力地推动了地图注记自动配置技术的研究。

近年来,我国测绘地理信息部门瞄准“数字中国”这一国家目标,大力构建“数字中国”地理空间基础框架,积极推进“数字省区”、“数字城市”等建

设。2009年,“数字中国”地理空间基础框架已初具规模,时任国土资源部副部长,国家测绘局局长徐德明说:“在以往测绘工作成果的基础上,近年来国家加大了人力、财力和物力投入力度,加快构建‘数字中国’地理空间框架。目前已经建成了一批基础地理信息数据库,其中全国1:400万、1:100万、1:25万、1:5万基础地理信息数据库和国家大地测量数据库已经建成,并开展了数据库更新工作。全国50个省(区、市)已开展了1:1万基础地理信息数据库建设,一批1:1万和大比例尺基础地理信息数据库已经建成,并进行适时更新”(徐德明,2009)。国务院办公厅转发的《全国基础测绘中长期规划纲要》中提出:“到2020年,基本建成‘数字中国’地理空间框架”。“数字中国”地理空间基础框架的构建,为地图注记自动配置的研究提供了丰富的信息资源。

毋河海教授曾说到:“自动化地图注记配置是国际及国内地图制图界及地理信息系统界一个较古老而又长久不衰的研究问题。”到目前从事该研究已有40年的时间,历经了计算机、计算机地图制图、地理信息系统等学科从低向高的不同理论与技术背景阶段,取得了可喜的成就,但同时也存在着一些问题,其中包括:

首先,随着地图产品的形式越来越丰富,以及地图类型越来越全面,地图注记的配置规则呈现出多样化的特点。数字环境下地图注记配置方法的研究难以适应配置规则的不断变化;

其次,即便在同一幅地图的配置问题上,配置方法只针对一类地物要素,而忽略了单个地物实体的复杂性。仅靠配置方法的直接调用难以满足所有地物要素实体的配置需求,往往需要将多种配置方法灵活地组合起来,形成新的配置模式。

基于规则引擎的地图注记自动配置技术的研究正是在这样的背景下展开的,出发点主要有:

①将知识表达和推理技术引入地图制图学领域,探索面向地物要素实体的注记配置方法,研究规则引擎在地图注记配置领域的应用,既是开创性的研究课题,更具有重要的现实意义。

②与其他智能体问题不同,地图注记配置问题具有自身的特点,如注记结果的多样性、注记评价因子的不确定性等,在注记表达、注记配置、注记评价各方面都需要寻找一种合适的建模方法。

③地图注记配置知识具有不确定性、不一致性,甚至还常存在相互冲突性,在注记配置知识形式化表达和推理上寻找一种合适的方法。

④根据地图注记配置模式的适用范围,研究要素实体的符号图形变量及其度量方法;结合要素几何类型和属性语义,研究注记配置模式的推理和注记配置参数的推理框架,为实现地图注记实例级别的配置建立基础。

第一章 绪 论

居住在地球上的人类的一切活动都是在一定的地区或地理环境中进行的,要使得这些活动顺利进行,人类就必须正确地认识周边地理环境并合理利用地理条件。在计算机出现之前,人们一直都是利用地图来获得对空间地理环境的认识,并利用地图完成各种量算和规划设计。作为人类在信息传播方面的三项重大发明(语言、音乐和地图)之一,地图在经济建设、科学研究、国防建设、政治活动、文化教育、灾害管理、应急处理及日常生活等各方面都有着十分广泛的用途。可以说,随着社会的发展,人类的活动越来越离不开地图了。

然而,要把大量的地理信息清晰、直观地表达于一张地图上却是一件很不容易的事情。事实上,人类在阅读地图时,在单位面积内只能获取有限的信息量,如果地图承载的信息量过多反而会事倍功半。因此,地图制作的艺术性就在于:在有限的图幅空间内尽可能地传递更多的地理信息,同时还要保证地图的易读性。想要将现实世界中的所有地理信息都表达于一张地图上是不现实的,因此只能是取重舍轻、去粗取精,将最有用的信息传递给读图者。

用来传递地理信息的地图语言有地图符号和地图注记,地图注记用来辅助地图符号,说明要素的名称、种类、性质和数量特征等(王家耀,2006)。地图符号主要用来表达有“哪类”要素,地图注记主要用来表达是“哪个”要素。仅有地图符号的地图只能表达空间地理区域的一般空间概念,只能算是一幅“哑图”,无法反映地理要素的名称、数量和质量特征。解决办法就是给这些要素加上注记,地图注记是地图的可阅读性、可翻译性和地图信息传输的基础(祝国瑞,2004)。地图注记是构成地图的重要内容,其中以名称注记(地名)最重要。在实际利用地图时,地名更具有特殊的意义。根据地名能很容易地判定空间位置,识别必要的目标,很容易在附近分布的许多相似地物中区别出所寻找的目标(萨里谢夫,道义李,等,1982)。可以说,如果地图上没有地名,没有地图注记,地图的功用会大打折扣。

地图注记的配置是指根据地理要素的位置、形态特征、优先级等选择合适的位置和排列方式,从而实现地图的可阅读性和可翻译性。本书所研究的地图

注记自动配置是指利用计算机,在相应的软件平台上,依据地图注记配置规则、地物要素的个体特征,采用对应的配置模式,得到地图注记,并能自动定位于地图符号周边,尽可能地避免各类冲突,力求达到专业制图人员的配置效果。

1.1 地图注记自动配置问题的提出与发展

1.1.1 地图学科发展使得地图注记配置自动化走向必然

地图学(地图制图学),是研究用空间图形科学地、抽象概括地反映自然界和人类社会各种现象的空间分布、相互联系及其动态变化,并对空间地理环境信息进行获取、智能抽象、存储、管理、分析加工、可视化和应用的一门科学与技术(王家耀,1999)。我国的地图制图学科到现在已发展为地图制图学与地理信息工程学科(或地理学与地理信息系统),经历了传统地图学到数字化地图学并进一步向信息化地图学发展的过程,取得了举世瞩目的成绩(王家耀,2005)。然而,从根本上实现地图生产的自动化还不现实,并已被列为地图制图学与地理信息工程学科研究的六大热点问题之一(王家耀,2010)。

地图生产始终是地图学的主阵地。长期以来,地图生产都是由专业的制图人员采用传统手工方式完成的,其作业速度慢、生产周期长、劳动强度大、现势性差、精度低。因此,地图制图学研究的一项重要任务就是不断提高地图生产作业的速度和效率,同时降低地图生产的成本。20世纪70年代末,计算机地图制图技术获得了迅速的发展,1978年制图人员用计算机制图方法绘制了我国第一张全要素地形图,这一成功带来了地图生产方式变革的希望。

地图注记配置是地图生产中的一个重要环节,在手工配置阶段一个制图人员的平均工作效率是每小时20~30个注记,地图注记配置的工作量占到整幅地图生产的50%以上。要实现地图生产的自动化,首先要实现地图注记配置自动化。随着计算机地图制图技术、数据库技术、知识推理技术等相关学科技术的不断发展,数字环境下的地图生产已经成为必然。

1.1.2 GIS平台为地图注记配置研究提供了技术支持

直到20世纪80年代,随着与计算机地图制图相关的硬件设备(绘图仪、数字化仪、显示器等)的普及,计算机地图制图技术及其相关行业才得到了真正的应用和重视。随后计算机编程技术、数据库理论与技术的不断提高,更加

完善了计算机地图制图系统的功能,如空间查询功能、空间数据与属性数据管理功能。与此同时,随着世界各国文字库的建立,学术界在计算机地图制图理论与技术上的研究得到了更广泛和深层次的开展,包括地图自动综合、空间数据可视化、地图数据处理模型、地图注记自动配置等。相比之下,国外的地图注记自动配置的研究层次更深,提出了地图注记候选位置模型和优化策略,但都集中于点状要素的注记配置,其研究成果尚不能应用于实际地图生产中。但是,这一阶段的地图注记仍以手工配置或计算机辅助交互配置为主,严重制约了地图生产的速度。

随着计算机技术的进一步发展,计算机地图制图系统的应用日益广泛,地理信息系统(GIS)应运而生。地理信息系统是以地理空间数据库为基础的,融计算机科学与技术、地图学、地理学、数学、统计学、测绘学、遥感技术、全球定位系统等学科与技术于一体,对与地理空间相关的信息进行采集、存储、管理、处理、分析、显示与输出的计算机软硬件系统。功能日益完善的GIS平台为地图注记自动配置的研究提供了强大的技术平台支持。如在地图注记配置过程中对地物要素的形态特征分析、注记与其所标识的要素的压盖或包含关系等都可以灵活地运用GIS平台强大的空间分析功能(地理要素形态与分布特征分析、空间邻近性分析、拓扑关系分析等);同时,GIS有效的空间数据和属性数据一体化管理功能为多要素的群组识别提供了可行性;空间索引功能为注记与注记之间的压盖检测提供了更快的效率。

1.2 规则引擎的提出与发展

1.2.1 规则引擎产生的背景

信息系统发展到今天,行业规范和用户要求瞬息万变,在纷繁复杂的变化背后,唯一不变的是:业务逻辑(business logic)一直在变。这种变化一直是用户和项目开发人员之间不可调和的矛盾。

用户希望开发的信息系统无所不能且便于操作:①业务流程必须实现自动化,即使现代业务规则(业务逻辑)异常复杂;②用户应能随心所欲地管理系统中的规则,具有自动、智能化的操作方式,且不需要开发人员参与;③信息系统必须依据业务规则的变化实现快速、低成本的更新,以适应经常变化的市场需求和行业规范。

而项目开发人员则碰到了如下问题:①按照软件工程的要求,系统开发应

遵循需求、设计、编码、实施的流程，然而往往业务规则在需求阶段尚未明确，且在后续环节中还会不断地变化；②程序设计是以数据结构为基础的，复杂且不断变化的业务规则很难直接抽象出数据模型或确定相应的算法，因此业务规则往往固定于系统代码中；③系统的维护和更新具有很大的技术难度，单靠业务人员难以完成。

在这种背景下基于规则的专家系统应运而生。其中心思想是：将业务决策者的业务决策逻辑同应用开发者的技术决策剥离开。并把业务决策用数据库或其他方式进行动态地存储和管理，称之为规则库。同时，向业务人员提供业务规则定制、删除、修改的入口。此外，需要一个推理引擎完成规则库中的业务规则筛选、匹配、推理、决策等工作。规则引擎是从基于规则的专家系统推理引擎发展而来的。

1.2.2 规则引擎的概念

规则引擎起源于基于规则的专家系统(RBES)，为了更深入地了解规则引擎，对基于规则的专家系统先做一个简单的介绍，后文将有详细的阐述。基于规则的专家系统是专家系统的一个分支，而专家系统又是人工智能的一个分支，属于产生式规则系统(吴鹤龄，1991)。基于规则的专家系统的基本概念和相关技术如图 1-1 所示。

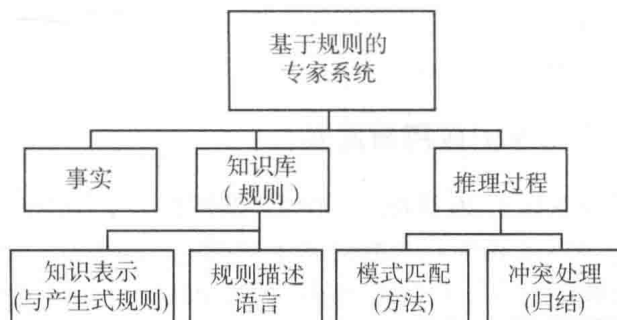


图 1-1 基于规则的专家系统的相关概念

- 事实：是指在系统中恒定为真的一种陈述性断言。

● 知识表示：是指以特定的数据结构表示人类的知识，以供计算机存储和推理，是人工智能的一个重要研究领域。知识表示的方法有多种，都有各自的适用范围，后文将有详细的阐述和分析，规则引擎一般采用产生式表示法。