

董金祥 主编

基于语义面向服务的 知识管理与处理

Semantics-Based Service-Oriented Knowledge Management and Processing



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

基于语义面向服务的 知识管理与处理

主编 董金祥



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于语义面向服务的知识管理与处理/董金祥主编.
杭州:浙江大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-308-06913-7

I. 基… II. 董… III. 知识经济—应用—企业管理—
研究 IV. F270

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 116461 号

基于语义面向服务的知识管理与处理

董金祥 主编

责任编辑 金更达

文字编辑 冯 骏

封面设计 陈 辉

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 28.5

字 数 676 千

版 印 次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-06913-7

定 价 49.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88925591

内 容 提 要

目前国内外关于知识管理的著作虽已不少,但大都是以企业商务活动为主线,探索知识在其中所起到的作用;而国内外关于知识系统和人工智能的著作大都限于计算机支持的知识表示与处理。为填补这两类著作在如何运用计算机技术支持人类从事知识管理活动的空白,本书以知识管理领域最新的语义技术(本体论、语义 Web)为线索,以知识管理覆盖的知识处理活动为主线(即知识表示、知识获取、知识检索、知识推理优化、知识服务和知识服务 workflow 等),结合人工智能领域经典的知识处理技术,详细阐述知识管理领域中科学知识的语义处理前沿技术,深入探讨基于语义技术的知识管理系统的实现。全书共分为三篇:第一篇基础篇,介绍知识管理的相关概念,并引入知识管理最新的语义技术;第二篇技术篇,详细阐述知识管理中主要涉及的知识表示、知识获取、知识检索、知识推理优化、知识服务和知识服务 workflow 技术;第三篇实践篇,以几个典型应用为例,阐述上述技术的应用实践。

本书可以作为计算机或信息管理类专业研究生的选修课教材,同时也可供从事知识管理研究与应用的科技人员阅读和参考。

前 言

随着网络应用的迅速发展,竞争模式日益更新,速度、知识和网络改变了竞争规则,在全球范围内造就了一个利用信息技术,将速度和知识结合起来创造新价值的新经济时代。随之而来的,企业经营环境也发生了巨大的变化,企业之间的竞争已从原先以质量、价格为中心的竞争,转变为以知识为中心的竞争。以知识为基础的经济正在全球范围内兴起,并使知识管理迅速成为实业界和学术界都非常关注的焦点。

本书正是在面对滚滚而来的知识管理革命的新浪潮的基础上编撰而成的。本书的编写目的以知识管理领域最新的语义技术(本体论、语义 Web)为线索,以知识管理覆盖的知识处理活动为主线(即知识表示、知识获取、知识共享、知识推理优化、知识服务和知识服务 workflow 等),结合人工智能领域经典的知识处理技术,详细阐述知识管理领域中科学知识的语义处理前沿技术,深入探讨基于语义技术的知识管理系统的实现。

本书融知识性、理论性、实践性于一体,用通俗而严谨的语言深刻剖析了知识管理与知识处理的内涵,不仅使读者对如何利用计算机技术支持知识管理有了形象、清晰的认识,而且为读者在已有研究成果的基础上实现知识管理领域的进一步创新提供了空间。全书共分为三部分:第一篇为基础篇,介绍知识管理的相关概念,并引入知识管理最新的语义技术;第二篇为技术篇,详细阐述知识管理中主要涉及的知识表示、知识获取、知识检索、知识推理优化、知识服务和知识服务 workflow 技术;第三篇为实践篇,以几个典型应用为例,阐述上述技术的应用实践。

本书为浙江大学人工智能研究所董金祥教授研究小组在 2002 至 2008 年之间在基于语义与面向服务的知识管理与处理方面的研究成果。创新成果主要体现在以下方面:

在第 5 章,提出了一个面向网络化协同工作环境、基于加权语义超图的知识表示模型,使得知识表示模型具有机器可理解的深层次语义信息,同时也具有在网络化协同工作环境中知识导航和定位的能力;并提出了一个异构本体的集成机制,增强了知识管理系统的语义互操作性和柔性。

在第 6 章,提出了一个从关系数据库中获取遗留系统知识的方法,通过应用本体论实现对关系数据库的反求工程,在获取知识的同时也获取了知识的语义信息。

在第 7 章,综合了人工智能领域和心理学领域内的概念相关性计算模型,提出了六种概

念相似度计算:关联规则相似度计算、词语相似度计算、义原相似度计算、参量相似度计算、结构相似度计算和基于心理学模型的相似度计算,作为实施高效率的知识检索和知识服务管理的前提。

在第8章,提出了一个基于本体和知识库的多层次知识智能检索模型,其层次结构依次为精确检索、语义检索、模糊检索和智能推理;设计了三种语义检索的交互方式,包括一阶谓词、图示化方式以及简单自然语言查询,使系统功能得以充分发挥;提出了一种基于节点关系的结构连接的B+树索引,以快速定位结构查询中任意两个节点之间的关系;并对中心服务器做了一系列的适应性调整,以实现面向数据库的语义检索。

在第9章,提出了基于个体的概念包含判断优化,提出了基于语义计算的个体获取,提出了如何利用近似化的方法来处理目前还不能完全处理的描述逻辑SHOIQ(D)中的查询问题,最后描述了定性偏好语言以及分级知识库,以便较好地描述不同用户的个性和偏好。

在第10章,提出了将知识封装成Web服务的形式即知识服务,以作为实现网络化、分布式知识协作的一个切入点;阐述了知识服务管理实现的关键技术,包括知识服务建模及其有关本体、知识服务的分类、聚类、排序等。

在第11章,提出了通过知识服务工作流技术来实现知识服务的合成和分解,分析了静态和动态知识服务工作流的执行过程,探索了知识服务的发现方法和查找策略,并给出基于动态规划的知识服务查找策略的实例。

在第13章,探索了基于本体的汽车故障诊断知识的建模;然后分别以汽车故障自诊断、基于案例的推理(Case-Based Reasoning, CBR)和汽车知识学习系统的设计为例,分析了如何利用本体构建与汽车故障诊断相关的知识系统;最后探讨了基于本体论的汽车故障远程诊断系统的实现方法。

在第14章,结合语义网技术对网络化制造环境下的制造资源获取、本体建模、语义标注、智能检索、语义查询前端等问题进行了探索,提出了适合网络化制造开放环境的共享资源本体建模技术、网络化制造信息智能获取技术、半自动化的语义标注技术、多层次的网络化制造资源检索融合技术,以及易用、清晰、简洁的网络化制造资源检索语义查询前端技术。

在第15章,以复杂产品研发过程中产品知识在多个领域的传递、共享和重用为目标,融合本体论,以在概念层建立产品知识的形式化语义表达为基础,探索出一种语义驱动的集成产品知识建模方法和实践,有效地克服当前集成产品信息建模方法存在的局限性,支持各领域系统在知识重用基础上快速重构领域模型,实现多学科领域的产品知识集成。

在第16章,提出了一个基于知识服务面向网络化产品配置的本体结构,为建立跨平台的柔性的高性能、支持大批量企业级用户的网络化产品配置系统支撑平台,提供了一个明确的模型,从而提高了网络化产品配置系统实现的针对性。

本书是一本研究成果的学术专著,可作为计算机或信息管理专业研究生的选修课教材,也可供从事知识管理研究与实践的科技人员参考用书。本书的宗旨主要包括以下两点:一

方面,对于计算机和信息管理专业的学生或从事知识管理研究与实践的科技人员,希望能通过阅读本书,对基于语义与面向服务的知识管理与处理方面的研究成果有一个全面和清楚的了解与认识;另一方面,在新技术革命冲击下的今天,知识和技术的更新速度大大加快,培养具有创新能力专业人才的需求尤为迫切,这就更加要求研究生具备坚实宽广的专业和非专业基础,因此对于非计算机和信息管理专业的技术人员而言,本书也不失为一本有助于拓宽视野、了解和掌握跨领域学科知识的可选之书。

在本书的编写以及对知识管理的研究过程中,得到了国家自然科学基金项目(60273056)的资助。

本书由董金祥主编,并负责全书的总体策划,张文宇负责全书的统稿和文字修改。林兰芬、尹建伟、蔡铭、吴健、易建军、高鹏、郭鸣、吴承文、方流、杨晗、楼轶超等教授博士参加了本书编写工作。因时间紧迫,水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2009年5月于求是园

目 录

第一篇 基础篇

第 1 章 知识管理的兴起和内涵	3
1.1 知识管理的兴起	3
1.2 知识管理技术发展历史回顾	6
1.3 知识管理的定义和生命周期	7
1.4 小结	10
第 2 章 知识及其分类	11
2.1 数据、信息和知识的概念及其相互关系	11
2.2 知识的定义	13
2.3 知识的类型	15
2.4 小结	18
第 3 章 知识管理的前沿技术	20
3.1 基于传统 Web 的知识管理系统的不足	20
3.2 本体论与本体的基本概念	21
3.3 从传统 Web 到语义 Web	25
3.4 本体描述语言	27
3.5 网格与语义网格	44
3.6 新一代 Internet 技术在知识管理中的应用	46
3.7 小结	50
第 4 章 知识管理平台	51
4.1 现有典型知识管理系统	51
4.2 知识管理平台的逻辑层次模型	57
4.3 知识管理平台的体系结构	59

4.4 知识管理平台的功能模型	61
4.5 小结	64

第二篇 技术篇

第5章 知识表示	68
5.1 非结构化的知识表示	68
5.2 结构化的知识表示	73
5.3 知识资源的语义表示和存储方法	76
5.4 基于语义 Web 的知识表示实例	89
5.5 小结	109
第6章 知识获取	111
6.1 基于语义的知识挖掘	111
6.2 基于反求工程的关系数据库语义知识获取	117
6.3 小结	136
第7章 概念相似度计算	137
7.1 概念相似性	137
7.2 概念相似性研究	138
7.3 概念相似度模型与计算	142
7.4 小结	155
第8章 知识检索	156
8.1 搜索引擎	156
8.2 语义检索系统框架、模型和方法	158
8.3 语义检索人机交互界面设计	168
8.4 面向数据库的索引文件管理	170
8.5 面向数据库基于语义的查询处理	185
8.6 小结	195
第9章 知识推理优化	197
9.1 基于个体的推理优化	197
9.2 描述逻辑推理近似化	206
9.3 查询近似化	226
9.4 偏好的 owl 表示和推理	238
9.5 小结	248

第 10 章 知识服务	250
10.1 Web 服务与网络化协同工作	250
10.2 知识服务的运行模式	252
10.3 知识服务管理	253
10.4 知识服务建模	255
10.5 知识服务聚类	266
10.6 知识服务分类	271
10.7 知识服务模糊排序	275
10.8 小结	277
第 11 章 知识服务 workflow	278
11.1 workflow 管理的历史和 Web 服务 workflow 简介	278
11.2 知识服务 workflow 的形式化描述	281
11.3 知识服务 workflow 执行过程	283
11.4 知识服务发现	284
11.5 知识服务查找策略	287
11.6 动态规划求解实例	288
11.7 小结	290
第三篇 实践篇	
第 12 章 Protégé 本体开发工具	293
12.1 使用 Protégé 构建 owl 本体	293
12.2 本体定义的逻辑检查和推理	299
12.3 使用 Protégé 创建 owl 类实例	301
12.4 小结	302
第 13 章 基于本体论的汽车故障诊断知识系统	303
13.1 本体在汽车故障诊断系统的知识建模中所起的作用	303
13.2 基于本体论的汽车故障诊断知识的建模	306
13.3 基于故障自诊断码的诊断方法	318
13.4 CBR 故障诊断系统	331
13.5 基于本体论的汽车知识自学习系统	340
13.6 基于本体的远程故障诊断系统	343
13.7 小结	353

第 14 章 基于语义的网络化制造资源获取与智能检索系统	354
14.1 MRRSS 总体结构	355
14.2 网络化制造资源本体建模	358
14.3 网络化制造资源获取	362
14.4 网络化制造资源智能检索	373
14.5 运行实例	382
14.6 小结	386
第 15 章 语义驱动集成化产品知识建模系统	387
15.1 语义驱动集成化产品知识建模方法	387
15.2 模型实现	391
15.3 从 EXPRESS 模型到语义 Web 语言 owl 的映射	394
15.4 产品知识语义移植	406
15.5 实践	417
15.6 小结	419
第 16 章 基于知识服务的网络化产品配置系统	420
16.1 基于知识服务的网络化产品配置过程	420
16.2 网络化产品配置服务本体构建	422
16.3 网络化产品配置系统体系结构	435
16.4 系统运行实例	437
16.5 小结	444

第一篇

基础篇

随着信息技术和全球化的发展,企业经营环境发生了巨大的变化,从前企业只要控制好成本与质量,以最小的成本制造出最好的产品,就可以击败竞争对手,在市场中占有一席之地。但随着网络应用的迅速发展,竞争模式日益更新,速度、知识和网络改变了竞争规则,在全球范围内造就了一个利用信息技术,将速度和知识结合起来创造新价值的新经济时代,这就是继农业经济、工业经济之后的知识经济时代。在知识经济时代,真正占主导地位的资源和生产要素,既不是农业经济时代的土地和劳动力,也不是工业经济时代的资产资本,而是能无限再生、传播和共享的知识资本。面对当今物质世界的人才缺乏、资源短缺、能源枯竭,知识作为一种新兴的资源和生产要素正逐渐与传统的人力、资金、能源一起,成为企业重要的生产要素。

本篇主要描述知识管理的背景、意义和一些基本内涵,并引入知识管理最新的语义技术,提出了基于语义 Web 的平台逻辑层次模型、体系结构和功能模型。该篇内容不仅使读者对如何利用计算机技术支持知识管理有了形象、清晰的基本认识,而且为读者在此基础上深刻理解、掌握和应用该书的技术篇和实践篇中所涉及的先进知识处理技术提供了保证。

本篇的第 1 章对知识管理产生的背景包括知识经济的新要求和知识处理技术的支撑作用作了较为详细的阐述,回顾了知识管理技术的历史发展,并对知识管理的定义和生命周期进行了总结。

在第 2 章中则论述了数据、信息和知识的基本概念及其相互关系,着重描述了知识在知识管理学科里所扮演的重要角色和在知识管理过程中常用的两种知识分类方法。

考虑到基于传统 Web 的知识管理系统的知识表达灵活性差、信息搜索不准确、知识处理智能性差、可集成性差、协同性差等不足之处,第 3 章从包括本体论、语义 Web 与语义网格在内的前沿技术着手,介绍其与知识管理的关系及其如何引导知识管理为适应信息全球化环境下协同工作所进行的革命性创新活动。

在第 4 章中首先介绍了国内外现有的典型知识管理系统,特别是基于本体论的知识管理系统,并分析了它们各自的特点。接着,在阐述通用知识管理平台的设计目标之后,提出了基于语义 Web 的平台逻辑层次模型、体系结构和功能模型。该知识管理平台包括了一系列支持知识共享以促进网络化协同管理的设施。

第1章 知识管理的兴起和内涵

1.1 知识管理的兴起

虽然知识管理是从20世纪90年代中期在知识经济的大背景下才开始蓬勃发展起来的,却正在以难以想象的速度进入社会、经济和生活的方方面面,成为各国政府、科教、企业界人士关注的重点。事实上,知识管理的产生并非偶然,而是由企业应对激烈市场竞争的需求、信息技术发展的冲击和管理思想的变革三方面因素共同促成的。

1996年,联合国经济与发展组织(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)在其题为《以知识为基础的经济》的报告中提出:知识是经济发展的核心^①。在这个报告的影响下,国内外兴起了研究与讨论知识经济的热潮,但大都局限于学术界。1997年2月,美国时任总统克林顿在一次公开演讲中对知识经济的推崇更在一定程度上加快了知识经济概念的深入人心,并拉动企业界实施有效的知识管理。1998年11月,英国时任首相布莱尔在其一次公开演讲中也表示,他决心要使英国成为世界一流的基于知识的经济体。

细心的读者也许会发现,在OECD关于知识经济的报告发表以前,早在1984年,我国就有人提出了知识经济的概念^②,并于1992年出版了知识经济方面的专著^③。但是,知识经济的需求未能独力拉动知识管理的发展。知识管理系统离不开知识处理技术,使知识管理得以实施的支撑力量是各种知识处理技术在当代的加速发展(图1-1)。

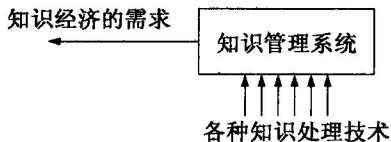


图 1-1 知识管理产生的背景

1.1.1 知识经济对管理的新要求

随着信息化和全球化浪潮风起云涌,伴随以现代科技为核心的生产力系统日益成为世界经济增长的推动力,知识经济作为一种崭新的经济模式已经登上人类社会发展的历史舞台。知识经济的本质是对创新的渴求,与其他经济模式相比,知识经济更加依赖于知识的积累、扩散和应用,更加强调创新的作用,只有不断创新,才能获得持续的竞争优势,弥补资源

① 联合国经济合作与发展组织(OECD). 以知识为基础的经济. 北京:机械工业出版社,1997.

② 郭强. 反思知识经济. 北京:中国经济出版社,1999.

③ 张和生. 知识经济学. 沈阳:辽宁人民出版社,1992.

和资本的不足^①。知识管理就是在知识经济的大背景下凸现、发展的^②。

知识经济时代的企业不再是以单纯的金融资本或自然资源作为企业的战略资源,而是以知识作为新的竞争资源,以创新作为主要的竞争手段。知识包含人、财、物等硬资源和信息,以及时间、技术等软资源的结合体,以其无限性、边际收益递增的优势成为经济长期增长的动力。知识成为企业最重要的资源后,自然要求对企业运用资本运营的标准方法加以管理。

另外,在知识经济时代,企业的内外环境也都发生了巨大变化:

(1) 市场竞争日益激烈,创新速度不断加快,企业要生存必须以更快的速度来吸收和利用知识。

(2) 面对产品生产的巨大压力,员工能投入到获取和掌握知识的时间越来越少,而市场环境的瞬变却要求企业和员工进行切实有效的学习。

(3) 企业生产的自动化程度的提高引发了员工数量的减少,而越来越高的员工流动性增加了企业失去有价值知识的可能性,这要求企业更多地使用显性知识替代隐性知识。

上述原因迫使企业依赖于知识资源的管理与应用,更多地需要借助知识管理以求在动荡的知识经济环境中获取竞争优势。可见,知识经济的到来催生并促进着知识管理理论与实践的发展。

1.1.2 知识处理技术的支撑作用

知识管理产生的主要支撑力量是知识处理技术在当代的加速发展。知识管理的成功与否决定于所选择的知识处理技术的合理性、智能性和灵活性。可以说,没有强大的知识处理技术支持,组织将很难实施有效的知识管理。作为知识管理的基础,知识处理技术同时又是知识经济最直观的表现。

知识处理技术是一个广泛的概念,是指获取、表达、传递和维护知识的技术,知识处理技术能够协助人们储存与共享知识并由此产生新的知识。知识处理技术不同于我们已非常熟悉的数据处理技术和信息处理技术。数据处理技术,是以数据为处理对象,如库存数据、原材料记录、销售图表等。典型的数据处理技术包括数据库系统、数据仓库、数据拾取、数据分析等。而信息处理技术,是以信息为处理对象,典型的信息处理技术包括管理信息系统(MIS)、事务处理技术、决策支持技术、信息集成技术等。但是,数据、信息处理技术仅能处理显性的、可以言传的信息,不能处理隐性的、只能意会不能言传的知识;仅能在人类的干预下实现资源共享,不能实现机器与机器之间的自动化的资源共享。

虽然知识处理技术与传统的数据、信息处理技术有很大区别,但二者并非互相排斥,而是互补的。后者是前者的基础,正如知识是基于数据和信息中升华而来一样。知识处理技

^① 陈锐. 公司知识管理. 太原: 山西经济出版社, 2000.

^② Lynn G. S., Reilly R. R., and Akgun A. E.. Knowledge management in new product teams: practices and outcomes. IEEE Transactions on Engineering Management, 47(2): 221-231, 2000.

术是横跨多领域的多种技术体系的集成,在当代的发展主要包括但不限于以下5个方面(图1-2)。

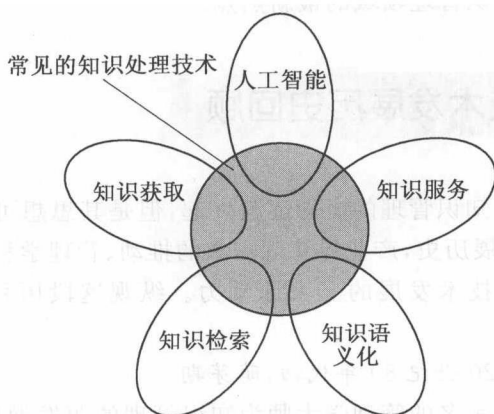


图 1-2 常用的知识处理技术

1. 人工智能领域的知识处理技术

人工智能是计算机科学的一个重要分支,是研究如何用人造的智能去模仿和扩展人类的自然智能,以实现信息的智能化处理的一项关键技术。知识经济时代对智能化管理的巨大需求使人工智能学科继其经典的知识处理技术之后又有了新一轮的发展。在人工智能领域,与知识管理有关的主要知识处理技术有知识表示技术和知识推理技术。前者包括非结构化的知识表示(如产生式表示等)和结构化的知识表示(如语义网络、框架表示和面向对象的表示等);后者包括谓词逻辑推理、非单调推理、非精确推理、基于实例的推理和定性推理等。

2. 知识获取技术

知识获取技术是在人工智能的基础上发展起来的,但至今仍无有效的方法支持自动化的知识获取。自知识管理学科诞生以来,知识获取技术一直是知识管理系统开发中的一个瓶颈。目前,在知识管理领域得到广泛应用的知识获取技术包括知识挖掘和隐性知识获取技术等。

3. 知识检索技术

在当前的知识经济时代,网络上出现了浩如烟海的庞大信息,乃至知识。对这些知识的有效检索,关系到知识管理实施的成败。目前因特网上广泛用于知识检索的搜索引擎技术仍有缺陷,因此给知识管理过程中的合作伙伴寻找与发现以及协作的建立造成了困难。新近在知识管理领域获得很大进展的语义检索技术,大大提高了智能检索的查全率和查准率。

4. 知识服务技术

作为一种松散耦合、可复用的分布式计算模型,知识服务技术以日趋成熟的 Web 服务(Web Service)方式为媒介,将知识加工逻辑封装成知识服务,即封装企业擅长的技能、经验和知识,通过注册、查找、绑定等手段,或生成动态的知识服务工作流,都可以很好地满足网络化协同管理过程对知识协作的需求。

5. 知识语义技术

目前因特网在信息表达和检索方面的缺陷,主要在于它的设计目的是面向用户直接阅

读与处理,而没有提供计算机可理解的语义信息,因此限制了计算机在知识管理过程中实施自动分析处理以及进一步智能信息处理的能力。为解决此问题,以知识本体为核心的语义 Web 技术的研究已成为知识管理领域的最新热点。

1.2 知识管理技术发展历史回顾

20 世纪 90 年代中期,知识管理的概念逐渐兴起,但是其思想可以追溯到数十年前。分析知识管理几十年来的发展历史,产业界管理需求的推动、管理学科的进展和信息技术的提高,始终是促进知识管理技术发展的三大原动力。纵观这段历程,大致可将其分为三个阶段:

1. 20 世纪 70 年代~20 世纪 80 年代初,萌芽期

20 世纪 70 年代,一些著名的管理学大师为知识管理的萌发做出了重要的贡献,如美国的 Peter Drucker、Paul Strassmann 和 Peter Senge。Drucker 和 Strassmann 强调了信息和意会性知识作为组织资源的不断增长的重要性;Senge 着重突出了“学习型组织”,即知识管理的文化因素。另外,Everett Rogers 在斯坦福大学关于创新扩散的研究以及 Thomas Allen 教授在麻省理工学院关于信息和技术转移的研究,也使学术界对于组织内知识的产生、扩散和利用的认识达到了一个更高的水平。

与此同时,计算机科学界也开始了对知识管理的探索。这期间,人们意识到将知识作为组织资产的过程中存在着信息过载的担忧,因此计算机科学界对知识管理的实践起始于对基于知识作问题求解的智能化软件系统——KB(Knowledge Based)系统的开发,但初衷并不是明确的知识管理,只是用于解决信息过载问题。KB 系统一崛起就逐步发展成为软件智能化的核心技术^①,引发了知识工程的研究浪潮。

2. 20 世纪 80 年代初~20 世纪 90 年代中,发展期

在这个阶段中,计算机科学中人工智能和专家系统技术的进步对知识管理的发展起了重要的作用,其大大推广和扩展了一些知识管理的基本概念,如知识表示(Knowledge Representation)、知识获取(Knowledge Acquisition)、知识推理(Knowledge Reasoning)、知识工程(Knowledge Engineering)、知识库(Knowledge Base)和知识本体(Knowledge Ontology)等。

经历了从 20 世纪 80 年代初“淘金热”到 20 世纪 80 年代中期的急速降温的波动后,KB 系统在这个时期,随着学术界对应用领域和问题求解任务的深刻理解,得到了深入的研究而逐步走向成熟,并在商业环境和工业环境中得到了广泛的应用,为企业创造了可观的经济效益。

正是由于这些计算机科学界的学者们孜孜不倦的努力,知识作为一种组织资产的重要性在 20 世纪 80 年代中期逐渐被人们注意到。但是当时的大多数企业尚未开始正式的知识管理活动,管理学界和经济学理论中也完全忽略了知识作为组织资产的价值。直到 1989

^① 高济. 基于知识的软件智能化技术. 杭州: 浙江大学出版社, 2000.