



智能系统：

基础、方法及其在农业中的应用

李道亮 傅泽田 田东 编著



清华大学出版社

Intelligent System:
Fundamentals, Methods,
and Case Studies in Agriculture

Intelligent System:
Fundamentals, Methods,
and Case Studies in Agriculture

智能系统：
基础、方法及其在农业中的应用

李道亮 傅泽田 田东 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

通过借鉴和吸收国内外相关学者关于智能系统的最新论著和研究成果,本书按基础篇、方法篇和案例篇上、中、下三篇组织,系统总结了智能系统理论与方法的主要进展,结合农业应用案例,探讨了智能系统领域的问题与发展趋势。

本书可作为智能系统与人工智能相关研究领域的科研人员的参考书,也可作为相关专业研究生的参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

智能系统:基础、方法及其在农业中的应用/李道亮,傅泽田,田东编著. —北京:清华大学出版社,2004.8

ISBN 7-302-08747-4

I. 智… II. ①李… ②傅… ③田… III. 人工智能—研究 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 052492 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

责任编辑:赵彤伟

封面设计:傅瑞学

版式设计:刘伟森

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

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:165×240 印张:27.25 字数:497千字

版 次:2004年8月第1版 2004年8月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-08747-4/TP·6238

印 数:1~2000

定 价:45.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、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)62770175-3103 或 (010)62795704

前言

智能系统是随着数据仓库(data warehouse)、数据挖掘(data mining)、知识发现(knowledge discovery)、智能代理(intelligent agent)技术、分布式系统及算法的出现,由专家系统逐渐发展演变而成的、具有专家解决问题能力的智能计算机程序系统,是信息系统发展的最新阶段。除了具有传统专家系统能运用大量领域专家水平级的知识与经验,模拟领域专家解决问题的思维过程进行推理判断,求解那些需要人类专家才能处理的复杂问题的功能外,智能系统还被赋予另外两个关键功能:一是海量数据、信息、知识的表现(screening)、筛选(sifting)、过滤(filtering);二是支持信息执行系统(executive information system, EIS)的高效运行,满足用户的智能化使用需求和个性化服务。

智能系统作为一种实用工具,为知识的获取、发现、保存、传播、使用和评价提供了有效手段和方法。它不仅能汇集问题领域多个专家的知识与经验于一身,每天 24 小时不知疲倦地工作,而且它本身可以通过网络技术和分布式计算方法实现无穷尽地迅速复制与克隆,集武侠小说中的吸星大法绝学和神话传说中的分身术与长生不老术于一身,大大延伸并超越了人类专家的能力。智能系统的开发与应用从根本上解决了人才和知识运用分配的不对称性矛盾,大大促进了科技的推广与应用。伴随着互联网技术、通信技术、分布式计算技术、多媒体技术的发展,智能系统逐步摆脱了时间和空间的限制,不断与制造业紧密集成,并迅速应用于医疗卫生、工业、金融、农业、军事国防、科技教育等领域,产生了巨大的经济效益和社会效益,成为人工智能领域最为活跃的一个分支,也是知识经济时代最具有发展潜力的理论与技术之一。

智能系统是最近几年刚刚提出的新概念,是专家系统理论的进一步丰富和发展。本书是在全面总结传统专家系统原理的基础上,结合专家系统近 10 年的最新发展和我们的实践撰写而成的。分上、中、下三篇共 18 章,上篇讲述智能系统的基本原理和理论基础,包括知识的表示、获取、发现,数据库,知识库,推理、搜索与控制策略及解释机制,智能代理,分布式系统等智能系统的主要理论基础。该篇除了对智能系统的理论体系及其与其他相关学科的

关系进行系统论述外,还对未来发展趋势进行了大胆而科学的预测与讨论。中篇讲述智能系统的开发方法、规范、评价方法、数学算法举例,重点从方法论的角度,对我们的研究进行了系统的总结与归纳,以期对同行有所帮助和启示。下篇讲述了近 10 年来我们的研究集体成功开发的 5 个智能系统案例,也是 6 个科研课题的研究成果,重点介绍我们对智能系统的探索与实践。

撰写本书的目的在于系统总结智能系统理论和方法的主要进展,特别是吸收国内外相关学者关于智能系统的最新论著与研究成果,同时交流我们的研究进展和实践经验,探讨智能系统领域的热点与难点问题,促进智能系统的学术交流。

本书可作为研究生教材,也可作为专家系统与人工智能研究人员的参考书。

本书的特色与创新之处主要表现在如下几个方面:

(1) 理论与实例相结合。目前已经出版的专家系统书籍多强调理论性,实例(特别是用于生产实践的例子)较少,为克服此不足,在全面吸收传统专家系统理论成果的基础上,根据我们近 5 年来对智能系统的探索与实践,特别加强了相关理论的实例说明,以期帮助读者更好地理解智能系统的基本理论体系、研究方法和应用实践。

(2) 前沿探索。由于智能系统是近几年学术界提出的新思想,还没有完整的理论体系,我们根据近年来国际相关杂志发表的论文和自己的探索与实践来编写此书,是对智能系统基本理论体系研究的一个新的尝试。

(3) 系统集成。本书参考了国内外有关学者关于专家系统与智能系统的最新论著与研究成果,吸收了他们的学术观点和研究精华,并进行了系统集成。可以说本书是智能系统的集大成者。

(4) Web 支持。为帮助读者理解书本内容,书中所有的例子都可在我们研究集体开发的“中国水产在线”网站(www.aqua.ac.cn)上找到,同时我们关于智能系统研究的最新进展也尽列其中,欢迎广大读者登录浏览。

(5) 预见性。为增强前瞻性,本书许多章的最后一节均命名为“讨论与展望”,对该章所涉及内容的难点、热点、前景和最新进展进行讨论与评述。

在本书出版的过程中,中国农业大学吴扬俊教授,国家农业信息化工程技术研究中心主任赵春江研究员等给予了大力支持和热情帮助,提出了许多宝贵意见。

本书是中国农业大学农业信息技术研究中心全体研究人员近 10 年来对智能系统研究与应用的系统总结和提升,这期间得到了国家 863 计划 306 主题重点资助项目“智能化水产养殖信息技术应用系统”、国家 863 计划生物与现代农业技术主题重点资助项目“农业病虫害网络化远程诊断技术研究”与示

范”、霍英东青年教师基金项目“病虫害远程诊断技术研究”、全国农牧渔业丰收计划项目“淡水养殖综合配套技术推广与应用”、农业部高技术重点项目“智能化农业信息技术研究”等的资助,研究成果已经获得 2002 年北京市科技进步二等奖和 2002 年全国农牧渔业丰收二等奖。

在本书的编写过程中,本研究中心的博士研究生温继文(第 2、5 章)、郭永洪(第 6、7 章)、张小栓(第 9、17 章)、张健(第 10 章)、李志刚(第 3 章)、李光明(第 1 章)、王瑞梅(第 8 章)做了大量基础工作,这里一并表示感谢!

由于作者水平有限,书中的错误或不妥之处在所难免,诚恳希望同行和读者批评指正,以便今后改正和完善。

李道亮 傅泽田 田东

2003 年 12 月 5 日于中国农业大学

目 录

前言	I
----------	---

上篇 基础篇

第 1 章 概述	3
1.1 智能系统的基本概念与特征	3
1.1.1 什么是智能系统	3
1.1.2 智能系统的特征	4
1.2 智能系统的发展	6
1.2.1 专家系统的孕育(1965 年以前)	6
1.2.2 专家系统的产生(1965—1971 年)	7
1.2.3 专家系统的基本成熟(1972—1977 年)	8
1.2.4 专家系统的进一步发展(1978—1990 年)	10
1.2.5 从专家系统到智能系统(1990 年至今)	10
1.2.6 国内智能系统的发展	12
1.3 智能系统的类型	14
1.3.1 诊断型智能系统	14
1.3.2 解释型智能系统	15
1.3.3 预测型智能系统	15
1.3.4 设计型智能系统	15
1.3.5 规划型智能系统	16
1.3.6 教育型智能系统	16
1.3.7 监视型智能系统	16
1.3.8 控制型智能系统	16
1.3.9 调试型智能系统	16
1.3.10 维修型智能系统	17

1.4	智能系统的基本结构	17
1.4.1	知识库	17
1.4.2	推理机构	18
1.4.3	人机交互接口	18
1.4.4	知识获取机构	18
1.4.5	解释机构	19
1.4.6	数据库	19
1.5	智能系统与知识工程	19
1.6	智能系统与其他相关技术的关系	20
1.6.1	与常规软件技术的结合	21
1.6.2	与分布式数据库技术的结合	21
1.6.3	与网络通信技术的结合	22
1.6.4	与多媒体技术的结合	22
1.6.5	与知识发现技术的结合	22
1.6.6	与其他系统的结合	23
1.7	智能系统的研究意义	25
1.7.1	促进了人工智能理论的发展	25
1.7.2	促进了应用领域理论的发展	26
1.7.3	产生了巨大的经济效益	27
1.8	本书的基本框架	27
	参考文献	28
第2章	知识表示与运用	30
2.1	知识及其分类	30
2.1.1	知识的本质	30
2.1.2	知识的分类	32
2.2	知识表示	33
2.2.1	知识表示及其要求	33
2.2.2	知识表示的发展	33
2.2.3	知识表示法的选择原则	35
2.2.4	一阶谓词逻辑表示法	35
2.2.5	产生式表示法	37
2.2.6	语义网络表示法	40
2.2.7	框架表示法	43
2.2.8	面向对象表示法	45

2.3	不确定知识的表示	48
2.4	知识的组织、运用、管理与维护	50
2.4.1	知识的组织	50
2.4.2	知识的运用	51
2.4.3	知识的管理	53
2.4.4	知识的维护	54
2.5	讨论与展望	55
	参考文献	55
第3章	知识获取	57
3.1	概述	57
3.1.1	知识获取的基本概念	57
3.1.2	知识获取的发展	58
3.2	知识获取的基本过程	59
3.2.1	知识源的确定	60
3.2.2	知识文本的概念化	61
3.2.3	知识的形式化	61
3.2.4	知识库的建立	62
3.2.5	知识库的测试、精炼、维护	63
3.3	知识的概念化方法	63
3.3.1	面谈式知识文本的生成	64
3.3.2	模拟法知识文本的生成	65
3.3.3	协议分析法知识文本的生成	66
3.4	知识的形式化过程	67
3.4.1	基本概念	67
3.4.2	知识形式化的“知识表示”方法的选择原则	67
3.4.3	知识形式化文本的建立过程	67
3.5	知识库的建立	68
3.5.1	知识库与数据库	68
3.5.2	利用 KB 编辑模块建立 KB	69
3.5.3	利用学习算法模块建立 KB	70
3.5.4	利用知识库管理系统创建 KB	71
3.6	知识库的测试、精炼与维护	72
3.6.1	知识库的一致性与完整性	72
3.6.2	知识库的调试与精炼	73

3.6.3 知识求精	74
3.6.4 知识库的维护	75
3.7 知识获取方法	76
3.7.1 人工知识获取	76
3.7.2 自动知识获取	78
3.8 讨论与展望	79
参考文献	80
第4章 机器学习与知识发现	83
4.1 概述	83
4.1.1 基本概念	83
4.1.2 机器学习的发展	84
4.1.3 机器学习的分类	86
4.2 知识发现	95
4.2.1 知识发现的定义	95
4.2.2 知识发现的产生与发展	96
4.2.3 知识发现过程	98
4.2.4 知识发现方法	101
4.3 讨论与展望	105
参考文献	106
第5章 知识库系统	109
5.1 数据与数据库	109
5.1.1 数据与数据库的定义	109
5.1.2 数据库与人工智能	111
5.1.3 数据库的智能化和智能化数据库	112
5.2 数据仓库	113
5.2.1 数据仓库的兴起	114
5.2.2 数据仓库的概念	114
5.2.3 数据仓库的特点	115
5.2.4 数据仓库与智能系统	117
5.3 知识库系统	119
5.3.1 知识库系统的定义	119
5.3.2 知识库系统的发展	120
5.3.3 知识库、知识库管理系统和知识库系统	122

5.4 讨论与展望	124
参考文献	125
第6章 推理机制	126
6.1 智能系统中推理的基本概念	126
6.1.1 什么是推理	126
6.1.2 推理的方式及其分类	127
6.2 经典逻辑推理	133
6.2.1 自然演绎推理	133
6.2.2 归结推理	134
6.2.3 与/或形演绎推理	137
6.3 不确定推理	143
6.3.1 基本概念	144
6.3.2 主观贝叶斯方法推理	147
6.3.3 证据理论推理	155
6.3.4 模糊推理	161
6.4 讨论与展望	170
参考文献	170
第7章 控制策略	172
7.1 推理方向	172
7.1.1 正向推理	172
7.1.2 反向推理	174
7.1.3 双向混合推理	175
7.2 搜索策略	176
7.2.1 深度优先搜索	178
7.2.2 广度优先搜索	179
7.2.3 启发式搜索	179
7.3 冲突消解策略	182
7.4 应用举例	183
7.4.1 基于层次因果诊断模型的搜索策略研究	183
7.4.2 基于 UML 的诊断推理策略研究	194
参考文献	200

第 8 章 解释机制	201
8.1 概述	201
8.1.1 解释机制的概念	201
8.1.2 解释机制的目标	202
8.1.3 解释机制的作用	203
8.1.4 解释机制的类型	203
8.1.5 解释机制的一般体系结构	204
8.1.6 解释机制实现应考虑的问题	205
8.2 解释的方法	205
8.2.1 预制文本与路径跟踪法	205
8.2.2 策略解释法	207
8.2.3 自动程序员法	207
8.3 讨论与展望	210
参考文献	210
第 9 章 智能代理	212
9.1 Agent 概述	212
9.1.1 Agent 含义	212
9.1.2 Agent 特性	213
9.1.3 Agent 分类与结构	214
9.2 面向 Agent 的程序设计	215
9.2.1 AOP 的含义与发展	216
9.2.2 面向领域工程的 Agent 开发方法	216
9.3 多 Agent 系统	217
9.3.1 多 Agent 系统的含义及特征	217
9.3.2 多 Agent 系统的组织结构	218
9.3.3 多 Agent 系统与分布式系统	219
9.3.4 多 Agent 系统与智能系统	221
9.4 移动 Agent 系统	223
9.4.1 移动 Agent 含义	223
9.4.2 移动 Agent 特征	223
9.4.3 移动 Agent 体系结构	224
9.4.4 基于移动 Agent 的分布计算模型	225
9.5 讨论与展望	227

9.5.1 AOP 研究	227
9.5.2 移动 Agent 研究	227
参考文献	228
第 10 章 分布式系统	229
10.1 概述	229
10.1.1 分布式系统的定义与特征	229
10.1.2 分布式系统发展的动因	230
10.1.3 分布式系统结构模型	230
10.2 分布式系统环境与分布式操作系统	231
10.2.1 分布式系统环境的系统结构及组成	232
10.2.2 分布式操作系统的系统结构及组成	234
10.3 分布式数据库系统	236
10.3.1 相关概念	236
10.3.2 分布式数据库的数据分布	238
10.3.3 分布式数据库的设计	239
10.4 移动分布式系统	241
10.5 讨论与展望	243
参考文献	244

中篇 方 法 篇

第 11 章 智能系统的开发方法	249
11.1 概述	249
11.1.1 智能系统开发的特殊性	249
11.1.2 智能系统开发的难点	250
11.1.3 智能系统开发方法的主要内容	250
11.1.4 智能系统的选题原则	250
11.1.5 智能系统的设计原则	251
11.2 智能系统开发步骤	252
11.2.1 系统分析阶段	252
11.2.2 领域模型阶段	253
11.2.3 系统设计阶段	254
11.2.4 系统实现阶段	255
11.2.5 系统测试阶段	255

11.2.6	系统维护阶段	260
11.2.7	系统评价阶段	260
11.3	智能系统评价	261
11.3.1	评价的内容	261
11.3.2	智能系统的评价原则	261
11.3.3	智能系统的评价方法	262
11.3.4	智能系统的评价级别	262
11.4	智能系统开发的工具	263
附录	鱼病诊断系统调查问卷	264
	参考文献	265
第 12 章	基于节约覆盖集理论 的鱼病诊断算法	267
12.1	鱼病诊断知识的表示	267
12.1.1	鱼病诊断知识的分类	268
12.1.2	案例知识的表示	269
12.1.3	经验知识的表示	271
12.2	节约覆盖集理论及其概率模型	272
12.2.1	疾病诊断问题的数学表述	273
12.2.2	节约覆盖集理论的概率模型	276
12.3	基于模糊数学的覆盖集改进模型及其算法	280
12.3.1	基于模糊数学的改进模型	281
12.3.2	诊断模型的求解算法	282
12.3.3	基于模糊数学的覆盖集改进模型在鱼病诊断 中的应用	284
	参考文献	286
第 13 章	基于禁忌搜索方法 的病因诊断求解策略	288
13.1	基于覆盖集理论的诊断指标的建立	288
13.1.1	病因诊断的数学描述	289
13.1.2	基于覆盖集理论的病因诊断指标的构建	289
13.1.3	病因诊断问题数学模型的构建	291
13.2	基于禁忌搜索方法的病因诊断求解策略	293
13.2.1	组合优化问题及其算法	293
13.2.2	禁忌搜索算法及其技术要点	294
13.2.3	基于禁忌搜索算法的病因诊断策略	296

13.2.4 鱼病的诊断实例	298
13.3 基本结论	301
附录 禁忌搜索算法的基本流程	301
参考文献	302

下篇 案 例 篇

第 14 章 鱼病诊断系统	305
14.1 鱼病诊断系统分析	306
14.1.1 现行系统调查与研究	306
14.1.2 系统可行性分析	308
14.1.3 系统的逻辑模型	308
14.2 鱼病诊断知识获取	310
14.2.1 问题识别阶段	311
14.2.2 知识概念化阶段	312
14.2.3 知识形式化阶段	313
14.2.4 知识实现阶段	313
14.2.5 知识测试阶段	315
14.3 鱼病诊断系统设计	316
14.3.1 系统总体结构设计	316
14.3.2 系统功能模块设计	318
14.3.3 鱼病诊断处理流程设计	320
14.4 系统实现	322
14.4.1 系统开发软件环境	323
14.4.2 COM 组件设计实现	324
14.4.3 系统开发软件技术	325
14.4.4 程序举例	327
14.4.5 系统界面举例	329
参考文献	332
第 15 章 全过程水产养殖系统	333
15.1 淡水虾养殖智能系统	333
15.1.1 系统分析	335
15.1.2 系统设计	337
15.1.3 知识的表示与获取	339

15.1.4	推理机	343
15.1.5	数据库	343
15.1.6	系统实现	345
15.1.7	结论	345
15.2	河蟹养殖智能系统	345
15.2.1	蟹种培育分析	346
15.2.2	知识表示	346
15.2.3	推理机设计	348
15.2.4	模型设计	350
15.2.5	运行实例	352
15.2.6	结论	355
	参考文献	356
第 16 章	淡水养鱼饲料投喂系统	357
16.1	领域知识分析	357
16.1.1	淡水鱼养殖流程	358
16.1.2	淡水鱼养殖过程中饲料的地位	358
16.1.3	饲料配方	359
16.1.4	饲料选择	360
16.1.5	投饲技术	360
16.2	系统设计	363
16.2.1	基于网络的智能系统结构设计	363
16.2.2	淡水养鱼投饲智能系统功能模块设计	364
16.2.3	模型库设计	366
16.3	系统运行结果	368
	参考文献	370
第 17 章	水产品价格预测支持系统	371
17.1	领域模型分析与设计	371
17.1.1	领域问题识别的指导思想	371
17.1.2	水产品价格预测支持系统领域问题的概念模型	372
17.2	水产品价格预测支持系统领域问题的形式化体系	374
17.2.1	预测问题及其求解过程	374
17.2.2	预测主体与预测专家	375
17.2.3	预测环境与预测信息	376

17.2.4	预测需求和预测对象	380
17.2.5	预测模型	382
17.3	系统基本结构设计	386
17.3.1	系统整体结构设计	386
17.3.2	系统逻辑结构设计	387
17.3.3	基于 Agent 的体系结构设计	389
17.4	系统初步实现	393
17.4.1	系统整体环境的选择	393
17.4.2	Agent 结构选择与初步实现	394
17.4.3	Agent 之间的通信语言与方式	396
	参考文献	397
第 18 章	农业病虫害远程诊断系统	400
18.1	前言	400
18.2	系统功能分析	401
18.3	系统结构设计	403
18.3.1	系统的硬件结构	403
18.3.2	系统的软件结构	403
18.4	系统实现方案	409
18.5	系统运行模式	411
18.6	结束语	415
	参考文献	415