

· 智 · 能 · 科 · 学 · 技 · 术 · 应 · 用 · 丛 · 书 ·

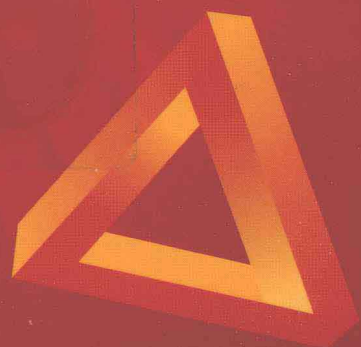
协调智能调度

Coordinating
Intelligent
Schedule

王洪泊 涂序彦 著

正常优化调度

异常应急调度



国防工业出版社

National Defense Industry Press

智能科学技术应用丛书



协调智能调度

王洪泊 涂序彦◎著

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

· 北京 ·

《智能科学技术应用丛书》编委会

名誉主编:吴文俊

主 编:涂序彦

副 主 编:钟义信 史忠植 何华灿 何新贵 李德毅 韩力群
黄河燕(常务) 陈 洁

秘 书 长:黄河燕

编 委:(按姓氏汉语拼音排序)

蔡庆生(中国科技大学)

蔡 文(广州工业大学)

蔡自兴(中南大学)

曹少中(北京印刷学院)

曹元大(北京理工大学)

陈 杰(北京理工大学)

陈 洁(国防工业出版社)

杜军平(北京邮电大学)

何华灿(西北工业大学)

何新贵(北京大学)

何 清(中科院计算所)

洪炳熔(哈尔滨工业大学)

韩力群(北京工商大学)

黄河燕(北京理工大学)

黄兴汉(华中科技大学)

贾英民(北京航空航天大学)

焦李成(西安电子科技大学)

李德毅(北京邮电大学)

李祖枢(重庆大学)

刘 宏(北京大学)

刘 民(清华大学)

刘增良(国防大学)

马少平(清华大学)

彭 岩(首都师范大学)

秦世引(北京航空航天大学)

邱玉辉(西南师范大学)

阮秋琦(北京交通大学)

阮晓钢(北京工业大学)

史忠植(中科院计算所)

孙增圻(清华大学)

涂序彦(北京科技大学)

谭 民(中科院自动化所)

谭铁牛(中国科学院)

吴文俊(中科院数学所)

王国胤(重庆邮电大学)

王家钦(清华大学)

王 龙(北京大学)

王 普(北京工业大学)

王万森(首都师范大学)

王志良(北京科技大学)

杨春燕(广州工业大学)

杨放春(北京邮电大学)

杨国为(南昌航空航天大学)

杨义先(北京邮电大学)

于洪珍(中国矿业大学)

钟义信(北京邮电大学)

曾广平(北京科技大学)

张长水(清华大学)

张琴珠(华东师范大学)

张永光(中科院系统所)

赵沁平(北京航空航天大学)

周志华(南京大学)

庄越挺(浙江大学)

丛 书 序

智能科学技术(Intelligence Science & Technology, IST)是关于广义智能的理论、方法和应用的综合性科学技术,是计算机科学技术、信息科学技术、生命科学计算、电子科学技术等诸多学科大跨度交叉的前沿领域,其研究成果已广泛应用于各种高新技术领域,在我国的经济的发展以及现代化国防建设中发挥着巨大的作用。智能化已成为当前新技术、新产品的发展方向与重要标志。

广义智能意味着自然智能(如:人的智能、其他生物智能)、人工智能(包括:机器智能、智能机器,如:专家系统、人工神经网络、智能机器人)、集成智能(如:人的智能与机器智能相结合的人机集成智能)、协同智能(个体智能协同共生的群体智能)、分布智能(各种分布式智能系统的分布智能)及网络智能(局域网、广域网、互联网的网络智能)。

自“人工智能”学科诞生的 50 多年来,在理论方法研究和应用技术开发方面都取得了重大进展。智能科学技术可广泛应用于国防现代化建设、国民经济建设、国家行政管理各部门,工业、农业、航空、航天、交通、运输、能源、环保、通信、建筑等各行业,医疗、卫生、保健、保安、商业、服务、家电、玩具、文化、娱乐等人民生活各方面。

智能化是当前和今后各行各业的新理论、新方法、新技术、新产品的发展方向、开发策略及显著标志。如:广义智能学、泛逻辑学、机器知行学、可拓学、智能系统理论;智能决策、智能推理、智能识别、智能优化、智能指挥、智能管理、智能调度方法;智能控制、智能调节、智能操作、智能检测、智能预测、智能通信、智能仿真技术;智能仪表、智能

装置、智能设备、智能网络、智能家电、智能武器、智能玩具、智能计算机、智能机器人、智能自动化产品等。

为了适时总结、交流、宣传、推广智能科学技术的应用研究开发成果,中国人工智能学会与国防工业出版社合作组织、编辑出版《智能科学技术应用丛书》。

我们相信,有广大智能科学技术工作者的积极参与、大力支持,以及编委会同志们的共同努力,《智能科学技术应用丛书》将为发展我国智能科学技术应用事业,建设科技创新、经济发达、社会和谐的国家,做出应有的贡献。

祝《智能科学技术应用丛书》出版,特赋贺诗一首:

智能科技应用广
应用系统智能强
广义智能硕果多
智能应用效益创

中国人工智能学会荣誉理事长

前言

网络与信息技术的迅速发展及普及为现代社会(特别是企业)生产过程的自动化、工艺流程调度系统的信息化提供了新环境、新条件,也带来了新机遇、新问题。

(1)复杂网络背景下,异型、异构、异步的各调度子系统如何相互协调、协同运行?

(2)在保证正常调度的统筹兼顾、全局优化与异常调度的轻重缓急、主次协调前提下,如何实现正常优化调度与异常应急调度的有机配合与快速切换?

(3)在复杂调度系统中,如何协调优化效率与经济集约二者之间的关系?

“智能化”是“信息化”的新动向、新阶段。调度系统的“智能化”与“协调化”已经成为研究开发的热点。协调智能将提高调度的灵活性、敏捷性、友好性、方便性。

智能管理的发展方向和前景是“智能融合、和谐管理”;智能管理的目标是“人机和谐、机机和谐、人人和谐”;广义管理包括调度、指挥、调控、决策等,这是协调智能调度思想提出的源头所在。

中国人工智能学会荣誉理事长、北京科技大学涂序彦教授在《智能管理》专著中给出了“智能管理”的概念模型,“智能管理系统”的总体方案,“智能化、集成化、协调化”的设计方法,“最小系统、原型系统、进化系统”的开发策略,“多库协同软件”的实现技术。在《智能管理》专著的展望中,指出:“智能管理系统”的发展方向和前景是“智能融合、和谐管理”;“智能管理”的目标是“人机和谐、机机和谐、人人和谐”;广义管理包括:调度、指挥、调控、决策等,这是“协调智能调度”思想提出的源头所在。

国内外研究者在计算机辅助管理调度系统的研究开发、技术实现、工程应用方面做了大量工作。如管理信息系统、办公自动化系统、决策支持系统、生产调度系统、计算机集成制造系统等,清华大学吴澄院士和刘民教授带领的科研团队,在大型企业计算机集成制造 CIMS、流程工业自动化、企业管理与生产调度领域做出了许多具有开拓性、创新性的工作。

协调智能调度是智能管理向广度和深度的继承与发展,本书是在作者博士学位论文“数字气田协调优化与应急调度关键技术研究及应用”的基础上,根据涂序彦教授的学术思想和观点,总结自己相关科研工作成果撰写而成。

本书是在我们多年来对人工智能、协调调度、智能仿真、虚拟现实、分布式人工智能的研究、教学和工程实践的基础上,跟踪国内外的相关研究进展,参考国内外重要文献,提出“协调智能调度”概念和理论体系,在给出协调智能调度的研究意义、科学基础和形式化描述的基础上,系统阐述了协调智能调度的研究内容、研究方法和关键实现技术;围绕智能协调论及协调调度两大分类(正常优化最经济协调调度、异常应急响应最及时协调调度),从协调智能调度的理论模型、实现算法,软件体系结构、移动及迁移计算、网络虚拟机器人、协作调度 workflow、群体协调可视化建模、基于人工社会的协调调度、基于人工生命的进化协调调度等多个角度,系统总结作者近年来在该领域的研究工作。

本书共分为 12 章。第 1 章绪论;第 2 章协调智能调度系统基础的理论;第 3 章协调智能调度系统总体设计;第 4 章协调智能调度系统的设计方法与开发策略;第 5 章智能协调调度系统的关键技术;第 6 章协调智能正常优化调度研究;第 7 章协调智能异常应急调度研究;第 8 章正常优化调度与异常应急调度的协调机制研究;第 9 章协调智能调度系统的可视化研究;第 10 章基于广义算子模型的协调智能调度 workflow 平台;第 11 章协调智能调度系统应用概述;第 12 章展望。

感谢国家自然科学基金(60375038)、国家“十一五”科技支撑计划(2006BAJ04B07)及国家高技术研究发展 863 计划(2009AA01Z119)对书中课题研究工作的支助。感谢国家“十五”重点科技攻关项目(2004BA616A-11):数字气田课题研究和软件开发组的王成耀教授、王宗杰高级工程师、张德政教授、马忠贵博士、黄向阳博士以及赵耀东、高征、张扬武、李天池、敖翔、张成涛、陈曦等所有硕士同学们,特别是中石化西南分公司周培军总工、采输处张仕强高工、王雨生高工、采气工艺研究所杨锦林所长、石杰工程师等,科大森浪科技公司的张业贵工程师、韩辛亮工程师、于德翠(女)工程师等,正是大家共同努力、不怕困难,圆满地完成了国家交给的任务,也使书中课题研究进展顺利。

在本书写作出版过程中,不仅得到北京科技大学计算机与通信工程学院

计算机系(校、院、系)各级领导、同事们的关照和学生们的支持,本书的出版还得到中国人工智能学会和国防工业出版社的支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!

本书是关于协调智能调度系统研究及应用的科研教学工作的阶段总结,也是协调智能调度系统平台的初步构架。由于作者水平所限,书中不妥之处欢迎相关专家学者批评指正,同时也希望有兴趣的朋友们加入协调智能调度系统研究、开发及应用的行列。

目录

第1章 绪论	1
1.1 协调智能调度系统的基本概念	1
1.1.1 智能、人的智能、人工智能	1
1.1.2 广义智能、高等智能、智能科学技术	4
1.1.3 调度、系统、调度系统	11
1.1.4 计算机调度、智能调度、智能调度系统	16
1.2 协调智能调度系统的提出及理论体系	17
1.2.1 国外技术发展现状	17
1.2.2 国内技术发展现状	19
1.2.3 智能管理的相关研究	21
1.2.4 协调智能调度系统的提出	21
1.2.5 协调智能调度研究理论体系	22
第2章 协调智能调度系统的理论基础	24
2.1 协调学	24
2.1.1 协调学的发展	24
2.1.2 协调学的研究现状	26
2.1.3 协调学应用领域	28
2.2 最经济控制	29
2.2.1 最经济结构方案	29
2.2.2 最经济控制问题的一般提法	29
2.3 广义智能系统	30
2.3.1 “智能”的概念模型和类谱图	30
2.3.2 “系统”的概念模型和类谱图	31
2.3.3 “智能系统”的概念模型和类谱表	32
第3章 协调智能调度系统总体设计	35
3.1 协调智能调度系统总体研发策略	35
3.2 协调智能调度系统总体设计思想	37
3.2.1 人机协调特性	37

3.2.2	人一机集成智能	38
3.2.3	正常优化与异常应急调度等多维应用模式	39
3.2.4	协调调度功能	40
3.3	协调智能调度系统总体结构	41
3.3.1	协调智能调度系统的总体方案	41
3.3.2	协调智能调度系统的性能方案	43
3.3.3	协调智能调度系统技术及软件总体方案	44
3.3.4	协调智能调度系统硬件总体方案	45
3.4	适合于协调智能调度的智能网构软件系统	46
3.4.1	协调智能调度智能网构软件框架	46
3.4.2	协调智能调度构件模型及其运行机制的研究内容	47
3.4.3	基于递阶协调联盟框架的反射式动态配置机制	47
3.4.4	用户需求驱动的动态演化意图的构造与实现	48
3.5	多源异构的数据集成与业务整合技术	48
3.5.1	基于 XML 的多源异构的数据集成	48
3.5.2	基于本体的领域知识语义描述	49
3.5.3	面向多重复用的软件系统设计方案	50
第 4 章	协调智能调度系统的设计方法与开发策略	53
4.1	协调智能优化调度方法的概述	53
4.1.1	协调智能优化调度方法的提出	53
4.1.2	协调智能优化调度方法的思路	54
4.1.3	协调智能优化调度方法	55
4.1.4	协调智能优化调度方法的体系	58
4.1.5	协调智能优化调度方法的特点	60
4.2	协调智能集成化调度方法	61
4.2.1	调度功能集成化	61
4.2.2	调度技术集成化	62
4.3	协调智能调度协调化方法	63
4.4	协调智能调度系统开发原则	64
4.5	协调智能调度系统开发策略	65
第 5 章	协调智能调度系统的关键技术	67
5.1	广义协调调度模型	67

5.1.1	集成化广义模型	67
5.1.2	智能化广义模型	68
5.2	多层状态空间模型	69
5.2.1	状态空间表达法	69
5.2.2	多层状态空间	70
5.3	多重广义算子模型	71
5.3.1	变粒度广义算子模型	71
5.3.2	广义算子关系模型	72
5.4	智能人一机协调方法	73
5.4.1	人一机协调的概念	73
5.4.2	人一机合理分工的原则与方式	74
5.4.3	人一机交互式智能调度方法和技术	75
5.4.4	人一机智能结合的概念与方法	75
5.5	智能信息推拉 IIPP 及多库协同技术	77
5.5.1	信息“拉取”	77
5.5.2	信息“推送”	77
5.5.3	智能信息推拉	78
5.5.4	多库协同软件技术	79
5.5.5	基于智能信息推拉技术 IIPP 的多库复杂信息整合	80
5.6	网络虚拟机器人技术	88
5.6.1	开发语言	88
5.6.2	支持移动计算的两种技术	89
5.6.3	网络虚拟机器人调度系统平台的总体架构	90
5.6.4	个体模型	90
5.6.5	基类与基本接口的实现	92
5.7	智能自律分散系统	93
5.7.1	智能自律分散系统的概念	93
5.7.2	智能自律分散系统(IADS)的结构	93
5.8	互动智能通信	97
5.8.1	分布智能通信	97
5.8.2	移动智能通信	98
5.8.3	互动智能通信	98

5.9	协同智能建模与仿真技术	101
5.9.1	智能仿真技术	101
5.9.2	协同智能建模与仿真技术	101
第6章	协调智能正常优化调度研究	105
6.1	最经济正常运行协调优化调度概论	105
6.1.1	最经济协调优化调度研究意义	105
6.1.2	经济目标函数与约束条件	106
6.2	最经济优化调度系统结构综合	108
6.2.1	最经济优化调度结构综合的概念	108
6.2.2	最经济优化调度结构综合方法	110
6.3	协调优化调度的体系结构	113
6.3.1	面向服务分解的协调	114
6.3.2	服务封装	116
6.3.3	服务元组空间	118
6.4	最经济运行协调优化调度网络模型	118
6.4.1	基本定义	118
6.4.2	气田管网流量平衡条件	122
6.4.3	气田管网天然气流动规律方程	122
6.5	最经济运行协调优化调度算法	123
6.5.1	分解——协调引理	123
6.5.2	分解——协调算法	125
6.5.3	算法实例	127
6.5.4	算法运行结果	128
6.5.5	应用效果	129
第7章	协调智能异常应急调度研究	134
7.1	协调智能异常应急调度系统总体结构	134
7.1.1	案例的搜集和整理	135
7.1.2	智能协调异常应急调度案例的知识表示	135
7.1.3	“求同”——案例树的智能检索	137
7.1.4	构建管网采输平稳监测案例与预警的指标体系	138
7.1.5	“析异”——案例的调整策略	140
7.2	基于案例树联想推理的事故应急调度推理模型	140

7.3	基于案例树联想推理的事故应急调度实现算法	142
7.3.1	CTAR-PES 计算存储结构	142
7.3.2	CTAR-PES 核心算法	142
7.3.3	应急调度实现流程	144
7.3.4	安全设备管理与预警	145
7.4	应用实例	146
第8章	正常优化调度与异常应急调度的协调机制研究	148
8.1	基于知识的正常优化与异常应急自稳定协调调度	148
8.2	正常优化与异常应急自适应调度协调模型	150
8.2.1	自适应调度协调模型的概念与结构	150
8.2.2	自适应调度协调模型的结构方案	150
8.2.3	自适应协调调度模型的方法与类别	151
8.3	正常优化与异常应急自组织协调调度模型	152
8.3.1	自组织与自组织调度模型	152
8.3.2	自组织协调调度模型的结构	153
8.4	正常优化与异常应急自诊断协调调度模型	154
8.4.1	协调智能调度故障自诊断网络结构	155
8.4.2	用于协调智能调度故障诊断的时间约束型最强 依赖推理算法	158
8.4.3	基于贝叶斯推理的协调智能调度故障自诊断子 系统设计	161
8.4.4	仿真试验分析	162
第9章	协调智能调度系统的可视化研究	166
9.1	SVG 技术概述	166
9.1.1	基于 XML 的 SVG 特点	166
9.1.2	与传统图像格式相比具有的优势	167
9.1.3	SVG 主要对象	167
9.2	基于 SVG 的协调调度系统可视化实现	172
9.3	基于 SVG 协调智能调度系统的信息发布	173
9.3.1	SVG 基本图元识别系统设计与实现	173
9.3.2	基于 SVG 协调智能调度系统的模型构建	175
9.4	实例 1(基于 SVG 的气田管网协调调度系统)	176

9.4.1	基于 SVG 的气田管网简化模型	176
9.4.2	连接级粗粒度层次上的用户用气量分析	178
9.4.3	管线级中粒度层次上的管网压力监测	178
9.4.4	管道、井站级细粒度层次上的产气流量分析	178
9.5	实例 2(基于 SVG 的交通流量协调智能调度系统)	180
9.5.1	交通线路的绘制	180
9.5.2	城区底板的绘制	183
9.5.3	道路站点的绘制及图表的引用	184
9.5.4	站点点击的超链接功能	185
9.5.5	总体效果	185
9.5.6	基于 JSP 的交通流量分析与展示	185
第 10 章	基于广义算子模型的协调智能调度 workflow 平台	188
10.1	基本概念	188
10.1.1	协调智能调度 workflow	189
10.1.2	协调调度 workflow 系统参考模型	191
10.2	基于广义算子模型的协调调度 workflow 构建	192
10.2.1	智能算子与智能操作	193
10.2.2	智能操作模型的基本组织方式	194
10.2.3	广义算子模型	199
10.2.4	多重广义算子模型	200
10.3	协调智能调度 workflow 模型的设计	205
10.3.1	workflow 模型设计原则	205
10.3.2	workflow 模型设计	206
10.3.3	workflow 相关数据模型	208
10.4	协调智能调度 workflow 引擎设计与实现	209
10.4.1	协调智能调度 workflow 引擎的基本功能	209
10.4.2	协调智能调度 workflow 引擎的关键问题	210
10.4.3	协调智能调度 workflow 引擎的总体设计	210
10.4.4	协调智能调度 workflow 引擎的实现	211
10.5	面向 WBS 的多角色服务配置协调机制研究	216
10.5.1	WBS 关键要素	216
10.5.2	WBS 工作分解实例	216

10.5.3	角色/职责及能力评价	217
10.5.4	任务知识库	219
10.5.5	时间差分任务约束型部分全局规划	219
10.6	面向协作的多角色服务配置协调机制实现算法	220
10.6.1	服务协调配置描述	220
10.6.2	服务匹配算法	221
10.7	面向协作的角色迁移模式研究	224
10.7.1	工作流程模式	225
10.7.2	主从模式	226
10.7.3	分体模式	228
第 11 章	协调智能调度系统应用概述	231
11.1	数字气田协调智能调度系统概述	231
11.1.1	气田生产调度系统需求	231
11.1.2	基于 IADS 的数字气田实时生产调度系统架构	233
11.1.3	示范工程系统概况	236
11.2	大型建设项目协调智能调度系统概述	238
11.2.1	大型建设项目协调智能调度系统需求	238
11.2.2	大型建设项目协调智能调度系统总体设计	240
11.2.3	大型建设项目协调智能调度系统模块设计	240
11.2.4	大型建设项目协调智能调度在线监理子系统	243
11.2.5	设计文件及图纸审核协调智能调度工作实例	247
11.2.6	大型建设项目协调智能调度设备及材料子系统	250
第 12 章	展望	255
12.1	集成智能共协作	256
12.2	动态协调促优化	257
12.3	防患未然有应急	258
12.4	协调调度显和谐	258
	参考文献	260

第1章

绪 论

本章主要阐述协调智能调度的基本概念、提出背景与国内外研究进展,明确智能、人的智能、人工智能以及调度、系统、调度系统、协调智能调度系统的相关研究内容及研究意义。

1.1 协调智能调度系统的基本概念

1.1.1 智能、人的智能、人工智能

1. 智能

根据广义智能信息系统论的观点,在本书中智能(Intelligence)的概念是广义的。广义智能(Generalized Intelligence, GI)包括:人的智能(Human Intelligence, HI)、人工智能(Artificial Intelligence, AI)和集成智能(Integrated Intelligence, II)等。其关系可表示为

$$(HI, AI, II, \dots) \in GI \quad (1.1)$$

式中 HI——人的智能;

AI——人工智能;

II——集成智能;

……——其他智能;

$\in$ ——表示“包含于”;

GI——广义智能。

其中,集成智能是指基于人的智能与人工智能相结合的人—机系统的智能。例如智能调度系统的集成智能,其关系可表示为

$$II \equiv HI + AI \quad (1.2)$$

式中 $\equiv$ ——表示“基于”;

+ ——表示“结合”。

智能的共性^[1-17]如下。

- (1) 智能的基本要素是“信息”。
- (2) 智能是普遍存在的。人、动物、机器都可能智能。
- (3) 智能是多层的。高层智能(思维)、中层智能(感知)、基层智能(行为)。
- (4) 智能是进化的。先天进化(遗传、变异)、后天进化(学习、训练)。
- (5) 智能是相对的。随不同的主体、客体,以及时间、空间,环境、条件,有不同的智能水平。

(6) 智能是智能系统的整体功能。

广义智能信息系统论的概念,如图 1.1 所示。

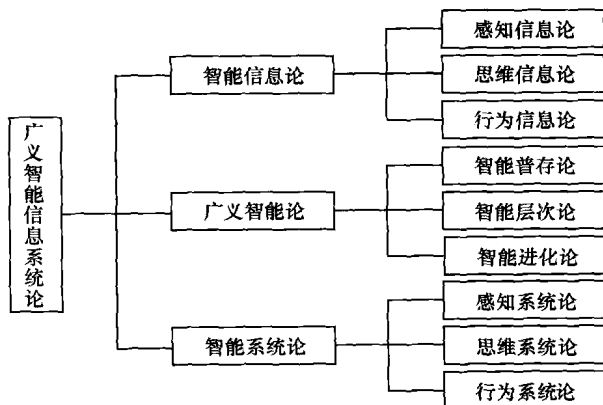


图 1.1 广义智能信息系统论

2. 人的智能

人的智能通常是指人在认识与改造客观世界的活动中,由思维过程和脑力劳动所体现出的能力。它包括 3 个方面:思维能力、感知能力和行为能力。

1) 感知能力

人们通过视觉、听觉、触觉系统等感知客观世界,获取感性知识。例如,由眼、耳等感觉器官接受各种信息(如:文字、图像、物景、声音、语言等)产生相应的冲动,沿外周神经传入中枢神经——脑,通过视觉、听觉中枢等进行信息处理、模式识别、语言理解等的智能活动的的能力。

2) 思维能力

人们通过脑的思维活动(如:记忆、联想、推理、计算、分析、比较、判断、决策、规划、学习、探索等)对各种信息进行加工处理,将感性知识上升为理性知识。例如,通过积累与总结经验,形成概念、建立方法、制订计划、做出决策的能