

DUOZHINENGTI XITONG JIQI ZAI
DIANZISHANGWU ZHONG DE YINGYONG

多智能体系统 及其在 电子商务中的应用

韩 伟 韩忠愿 编著

中国科学技术大学出版社

南京财经大学学术著作出版基金资助出版

多智能体系统 及其在电子商务中的应用

韩 伟 韩忠愿 编著

中国科学技术大学出版社

2008·合肥

图书在版编目(CIP)数据

多智能体系统及其在电子商务中的应用/韩伟,韩忠愿编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2008. 1

ISBN 978-7-312-02164-0

I. 多… II. ①韩…②韩… III. 人工智能—应用—电子商务 IV. F713. 36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 170868 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥学苑印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×960 mm 1/16
印张 12.25
字数 259 千
版次 2008 年 1 月第 1 版
印次 2008 年 1 月第 1 次印刷
印数 1—2 000 册
定价 26.00 元

前 言

现代信息技术以及互联网的广泛应用,使得电子商务迅猛发展,对商务智能化的要求也与日俱增。将人工智能的最新成果如自动协商、智能定价、MAS、模糊决策等应用于电子商务,是摆在信息科学以及管理科学研究者面前的一项重要课题。

在分布、互联、自治的网络环境下,电子商务成为一个热门的应用领域。这主要是因为经济全球化和信息技术的推动,使得每个企业能够随时收集市场信息并变更行为,因此每个企业都处在一个竞争的、不断动态变换的市场下。而电子市场具有信息集中、决策迅速的优势,因此日益成为协调生产、制造和销售等环节的有效手段。另一方面,可以将电子市场中的决策者(如买方和卖方)看作是多个相互交互的自主智能体,这种面向智能体的方法为我们分析、设计、实施和评价复杂的分布式系统提供了强有力的工具。多智能体系统(MAS)和智能体技术正是在这个背景下提出并发展起来的。作为分布式人工智能(DAI)中一个分支学科,MAS从20世纪80年代开始被研究,到90年代得到广泛认同,目前正逐渐引起越来越多的关注和研究。

本书的研究内容可以从理论和应用两个层面来概括。在理论层面上属于MAS领域,内容涵盖了MAS研究领域的主要方面,包括:多智能体学习、推理、协商、交互机制等等;在应用层面上围绕电子市场的实际应用,讨论了电子市场定价、物流配送、原料配置、C2C交易协商、B2C协商等问题,并分别面向电子市场的具体应用问题提出了具体算法。

本书从组织结构上分为10章,彼此独立而又相互关联。第1章介绍多智能系统的原理和基础知识,并建立的电子市场的多智能体系统模型。第2章给出电子市场环境下基于多智能体博弈学习的企业智能定价算法。第3章基于多智能体合作学习的方法讨论物流路径选择问题。第4章讨论电子市场环境下基于市场机制计算模型的原料配制方法,并给出一个电子市场污染治理的实例。第5章讨论电子商务中买卖双方协商的自适应模糊推理算法。第6章给出一个面向电子商务实际应用的商品搜索引擎原型系统。第7章给出一种基于模糊相似关系的启发式交易协商模型。第8章基于粗糙集理论讨论一种交易智能体获取知识的方法。第9章讨论电子市场中买方智能体结盟算法。第10章讨论买方智能体的供应商选择策略。本书叙述深入浅出,注重理论联系实际,内容覆盖面较广,可以作为系统科学、计算机科学、管理科学和电子商务专业的高年级本科生、研究生和教师的参考用书。

本书具有以下几点鲜明特色:

(1)新颖性。本书是国内第一本明确以电子市场为应用背景的计算智能方面的学术著作,反映了当今智能计算方法解决电子商务中实际问题的最新研究成果。论述的各种算法和理论是目前研究和应用的热点。提出的算法新颖而实用,内容丰富而独特,可启发相关领域的研究者开拓自己新的研究方向。

(2)学术性。本书系作者多年来在对电子商务实用算法及其应用所进行的一系列深入研究的基础上撰写而成,具有一定的理论高度和学术价值。书中细致而全面地展示了国内外大量最新的科学研究内容和学术动向,力图体现国内外这一领域的最新研究成果,具有一定的前瞻性和学术参考价值。

(3)实用性。本书内容面向实际应用,提出了用伪代码表示的实用算法,尽量避免繁杂的理论推导和证明,强调方法和模型在实际问题中的应用。电子商务从业者可以直接应用书中提出的算法。

本书的撰写得到了王成道教授、宣恒农教授、李耀教授、丁大可教授、韩耀教授以及程国达博士、苏杭丽博士、钱刚博士等的帮助和支持,没有他们的惠教、支持和鼓励,就没有本书初稿的诞生,在此谨向他们表示衷心的感谢。

作者

2007年10月

目 录

前言	(I)
第1章 绪论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 多智能体系统与自治智能体	(2)
1.2.1 多智能体系统	(2)
1.2.2 自治智能体	(3)
1.2.3 多智能体的环境	(5)
1.2.4 自治智能体研究的基本问题	(5)
1.2.5 相关研究领域	(8)
1.3 多智能体强化学习	(9)
1.3.1 单智能体的强化学习	(10)
1.3.2 马尔可夫决策过程	(11)
1.3.3 Q 学习	(12)
1.3.4 多智能体环境下的强化学习	(13)
1.4 多智能体的博弈学习	(14)
1.4.1 博弈学习的基本概念	(14)
1.4.2 多智能体博弈学习方法	(17)
1.5 交易代理体的自动协商	(22)
1.5.1 研究内容	(22)
1.5.2 性能评价	(23)
1.5.3 模型分类	(24)
1.5.4 研究方法	(25)
第2章 基于多智能体学习的电子市场定价	(29)
2.1 引言	(29)
2.2 基于内省推理的虚拟行动学习	(31)
2.2.1 老练学习	(31)
2.2.2 协调博弈	(32)
2.2.3 从协调博弈得到的启示	(33)
2.2.4 基于内省推理的博弈学习方法	(34)

2.3 实例验证与仿真	(39)
2.3.1 协调博弈实例验证	(39)
2.3.2 少数者博弈	(40)
2.3.3 经典协调博弈	(42)
2.4 电子市场智能定价	(43)
2.4.1 具有多个吸收状态的 Q 学习	(43)
2.4.2 电子市场定价的马尔可夫博弈模型	(46)
2.4.3 基于强化学习的定价算法	(48)
2.4.4 基于 IIFPWL 的定价算法仿真	(53)
2.4.5 定价算法的实际应用	(55)
2.5 相关工作	(57)
2.6 本章小结	(58)
第3章 配货电子市场的多智能体合作学习	(59)
3.1 引言	(59)
3.2 基于黑板模型的多智能体合作学习	(60)
3.2.1 一个例子	(60)
3.2.2 基于黑板模型的多智能体学习	(61)
3.2.3 格子世界仿真	(63)
3.2.4 BBMML 算法的收敛性	(65)
3.2.5 BBMML 算法的改进	(66)
3.3 基于进化算法的多智能体学习	(67)
3.3.1 进化的 BBMML	(67)
3.3.2 进化的 BBMML 仿真	(69)
3.4 基于状态空间划分的多智能体在线学习	(71)
3.4.1 Q 表的泛化	(71)
3.4.2 通信原语	(72)
3.4.3 操作原语	(73)
3.4.4 SSPML 算法	(74)
3.4.5 SSPML 仿真	(75)
3.5 配货电子市场的合作学习	(77)
3.6 相关工作	(79)
3.7 本章小结	(79)
第4章 基于市场机制的多智能体协商模型	(81)
4.1 引言	(81)

4.2 问题描述及预备知识	(82)
4.2.1 电子市场原料配置问题	(82)
4.2.2 资源分配问题的价格机制求解	(84)
4.3 基于市场价格机制的协商模型	(86)
4.3.1 基于市场价格机制的协商	(86)
4.3.2 MMN 仿真	(89)
4.4 基于边际效用的定价方法	(91)
4.4.1 基于边际效用的定价方法	(92)
4.4.2 MUMMN 仿真	(95)
4.5 具有预动行为的动态原料配置	(96)
4.6 污染治理市场的应用实例	(97)
4.6.1 引言	(97)
4.6.2 问题描述和形式化分析	(98)
4.6.3 完全信息环境下的污染治理	(99)
4.6.4 不完全信息环境下的污染治理	(100)
4.7 本章小结	(101)
第5章 基于自适应模糊推理的交易智能体协商	(103)
5.1 引言	(103)
5.2 连续的双向拍卖协议	(104)
5.3 交易智能体的模糊规则	(105)
5.3.1 Sugeno 控制器及其扩展	(105)
5.3.2 卖方智能体的模糊规则	(105)
5.3.3 卖方智能体的模糊规则	(107)
5.4 交易智能体的自适应模糊推理	(108)
5.5 仿真实验	(110)
5.6 本章小结	(112)
第6章 基于模糊约束规划模型的商品搜索引擎	(113)
6.1 引言	(113)
6.2 模糊约束求解问题	(115)
6.2.1 带优先级的模糊约束问题	(115)
6.2.2 带模糊语言变量的 PFCSP	(117)
6.3 PFCSP 的规划模型及其求解	(120)
6.3.1 PFCSP 问题的规划模型	(120)
6.3.2 卖方效用函数的 BP 神经网络拟合	(121)

6.3.3	PFCSP 求解的混合智能算法	(122)
6.3.4	PFCSP 及其规划模型的性质	(124)
6.4	协商模型	(127)
6.4.1	交易智能体的形式化定义	(127)
6.4.2	交易智能体的协商过程	(129)
6.4.3	协商模型的性质	(132)
6.5	相关工作	(134)
6.6	本章小结	(136)
第7章	基于模糊相似关系的自动协商系统	(137)
7.1	预备知识	(137)
7.1.1	效用函数	(137)
7.1.2	模糊相似函数	(138)
7.2	启发式协商算法	(138)
7.3	仿真验证	(140)
7.4	本章小结	(142)
第8章	基于粗糙集的交易知识获取方法	(143)
8.1	Rough 集知识约简基本概念	(144)
8.2	可变精度 rough 集理论	(145)
8.3	基于辨识矩阵的属性约简算法	(146)
8.4	基于可变精度 rough 集模型的属性值约简方法	(147)
8.5	将约简规则转变为模糊约束	(149)
第9章	基于多智能体的电子市场联盟问题	(151)
9.1	引言	(151)
9.2	结伴购买的博弈策略	(152)
9.2.1	模型及其分析	(152)
9.2.2	结盟的信用机制	(153)
9.2.3	算法及其分析	(154)
9.3	买方智能体结盟的利益分配及其结盟策略	(155)
9.3.1	联盟内利益分配	(155)
9.3.2	结盟策略	(157)
9.3.3	仿真实验	(158)
9.4	多智能体结盟博弈问题的演化算法	(160)
9.4.1	引言	(160)
9.4.2	资源结盟博弈	(161)

9.4.3 遗传算法	(163)
9.4.4 仿真实验与结果分析	(167)
第10章 基于智能体的供应商选择策略	(170)
10.1 引言	(170)
10.2 Gittins 吸引子	(170)
10.3 供应商选择问题	(171)
10.3.1 问题描述	(171)
10.3.2 引入购买概率	(172)
10.3.3 商品价格不同的情形	(172)
10.3.4 引入信用学习机制	(173)
10.4 方法及算例	(173)
10.4.1 方法	(173)
10.4.2 算例	(174)
参考文献	(176)

第1章 绪 论

1.1 引 言

Internet 的飞速发展促进了分布式智能信息系统的发展,人们倾向于将越来越多的计算机系统看作是多个相互交互的自主智能体(Bartolini 等,2005)。比如,电力系统的调度可以通过发电站竞争供电服务来得以优化(Penya 等,2005),网络的分布式信息检索服务可以看作是服务商之间的合作或者竞争(Dutta 等,2005),Rogers 等(2005)用交互的智能体建立供应链模型。这种面向智能体的方法学给我们分析、设计、实施和评价复杂的分布式系统提供了强有力的工具(Jennings,2001)。电子商务是多智能体系统一个直接的应用领域。事实上,许多系统可以被抽象成电子市场中的买方智能体和卖方智能体(统称交易智能体),这就使得交易智能体的研究更具一般性。

经济全球化的发展使得每个企业处于一个动态变化的市场环境中,每个企业必须面对市场(包括产品市场和原料市场等)迅速作出正确反应。电子市场具有信息集中,决策迅速的优势,日益成为协调生产、制造和销售等环节的有效手段。在信息经济推动下,敏捷生产和虚拟企业等概念正逐步改造传统经济的各个环节。国内外很多公司和行业都建立了自己的交易中心,从而使电子市场成了 B2B 电子商务的焦点。据估计,目前全世界已有大约 10 000 家电子市场,其中大部分都在欧美等发达国家,而亚洲包括中国近年来增长也非常迅速,出现了很多行业电子市场。比如,2005 年仅在上海宝山注册的钢铁电子交易公司就达到 14 家。

本质上,电子市场是一个多智能体组成的复杂动态系统,每个智能体都根据个体目标与其他智能体进行协调或者协商,或者在多次协商和博弈的情况下进行学习和适应。本书的研究正是基于这一认识展开的,讨论的主题是电子市场环境下的多智能体学习与协商问题。

1.2 多智能体系统与自治智能体

1.2.1 多智能体系统

多智能体系统是计算机科学中比较新的一个分支学科,从 20 世纪 80 年代才开始被研究,直到 90 年代才得到广泛认同,并逐渐引起越来越多的专家学者的研究热情。多智能体系统研究的兴起,一方面是因为人们认识到智能体是构造人工社会系统的一个自然的比喻,为开发大规模分布式开放信息系统提供了可能性。更重要的原因是,在分布式环境下往往缺少一个占有全局信息的中央机构能够给出一个集中式解决方案,而且即使能够给出,若不符合智能体的个体理性,具有自治行为的智能体也可能会拒绝执行“规定”动作。

智能体(agent)这个概念来源于人们对人工智能的认识:人工智能的最终目标就是要实现具有智能的能够代替人类来处理事务的“代理体”。正因为如此,在智能体研究的早期阶段,人们侧重于研究智能体的心智状态,许多心智状态的模型与理论相继诞生,比如:Cohen-Levesque 的 BDI 模型、Rao-Georgeff 的 BDI 模型等。但是,随着人们对智能体的深入研究以及现实应用的需要,人们对智能体的认识也更加广泛与深化。智能体成为一种描述复杂系统的方式,也为我们研究由主体意识参与的、动态的、不确定的自适应复杂系统提供了一种天然的建模方式,如电子市场、资本市场(股票市场和期货市场)、交通系统、机器人足球等。

本书着重研究这样一类复杂系统:系统中涉及大量的具有自治能力并不断根据环境变化作出决策行为的个体,这些个体通过各种手段(协商或者学习)进行直接或间接的交互作用,正是这些个体之间或者个体与环境之间的交互行为决定了系统的宏观行为。事实上,这样一类复杂系统在自然界和人类社会中广泛存在,电子市场、股票市场、生态系统、经济系统、交通系统、人类社会等是这类复杂系统的典型例子。传统的自上而下的复杂系统研究方法很难刻画这类复杂系统的总体特征,因为这种方法将所有个体看成是同类同质的,从而忽略了个体的局部特征,比如个体的学习能力,推理决策能力等等。与自上而下的方法不同,基于智能体方法的复杂系统研究首先根据所研究的系统定义单个的智能体,给予其一定的行为和参数,然后定义智能体之间以及智能体与环境之间的交互规则。通过智能体的交互来模拟系统的宏观性能或者隐现行为。这方面比较典型的工作是由圣塔菲研究所提出来的“人工股市”(Artificial Stock Market,简称 ASM),它用遗传算法模拟具有学习能

力的智能体,用计算机仿真一个虚拟的股票交易环境。本书在第2章和第3章将以电子市场为例,探讨具有学习能力和自适应能力的智能体的学习问题。

1.2.2 自治智能体

从广义上讲,智能体的概念涵盖了不同的计算实体,这些实体能够感知环境并作用于环境。本书所讲的智能体是指具有自治性、预动性、自适应和自学习能力的智能体,因此也称为自治智能体。我们引用 Wooldridge 和 Jennings(1995)的定义:智能体是处在某个环境中的计算机系统,该系统有能力在这个环境中自主行动以实现其设计目标。

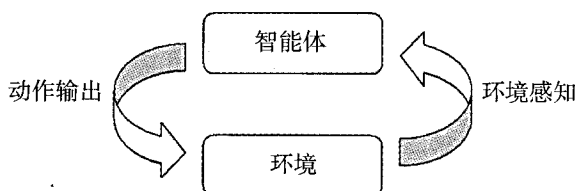


图 1.1 智能体与环境不断相互作用,构成博弈

Fig. 1.1 Interactions between intelligent agent and its environments construct games

图 1.1 给出了一个智能体的抽象视图。在这个框图中可以看到智能体为了影响环境和其他智能体而产生动作输出。在动态不确定的复杂系统环境中,智能体不能完全控制自己的环境,最多只能部分地控制或者影响环境。这意味着在相同的环境中,智能体的同一动作执行两次可能产生完全不同的结果,事实上,这构成了智能体与环境的一个博弈。

Maes(1995)定义智能体是“试图在复杂的动态环境中实现一组目标的计算系统”。它能够通过传感器感知环境,并执行相应动作对环境产生作用。Maes 特别指出,智能体的目标可以有很多不同的表现形式:它可以是智能体尝试去达到的终极目标或特殊状态,可以是智能体试图最大化某一强化函数,也可以是智能体的某一内部需要或者动机。比如,在电子市场定价问题中,智能体可能希望通过定价使市场跃迁到对自己有利的状态,也可能希望在每次定价中最大化自己的平均期望收益。正如 Maes(1995)所说,一个智能体若称为是自治的,它就能完全自治地起作用,即以成功实现目标的方式来自主地决定感知和动作。如果一个智能体能够随着时间而改进其实现目标的能力,我们称这个智能体是具有学习能力的。

Wooldridge 和 Jennings(1995)指出,可以区分强智能性(strong agency)和弱智能性(weak agency)的概念。根据弱智能性的概念,一个智能体应该具有自治性(autonomy)、反应性(reactivity)、预动性(proactiveness);根据强智能体的概念,还可以

用信念、知识等描述智能体的信息状态,用意图(intention)、承诺(commitment)等描述智能体的协商状态,用期望(desire)、目标(goal)等描述智能体的动机状态。本书所指的智能体是具有弱智能性的智能体。Wooldridge 等人(2002)将智能体分为反应式智能体和慎思式智能体。事实上,构造一个纯反应式的系统并不困难,困难的是构造一个系统使之可以在目标导引的行为和反应式行为之间实现有效的平衡,混合智能体的设计就是努力寻求这个平衡点。

自治智能体的研究受到生态学、生物学、心理学(特别是动物行为研究)的极大启发,适用于解决如何在一个动态的、复杂的、不可预测的环境中自治地达到一些目标的问题。近年来,人们对包含有几个交互作用的自治智能体而不是单个智能体的系统的研究兴趣迅速提升。Weiss(1999)认为主要有三方面的原因:

(1)自治智能体可以应用到不能被集中式系统所处理的领域。

(2)自治智能体反应了人们对人工智能、心理学、社会学等学科的认识,即:“智能与交互深入而又不可避免地联系在一起”。

(3)还没有一个实现复杂多智能体系统的计算机与网络平台。

实际应用需求也是推动自治智能体研究的主要动力,其中一个不可忽视的应用领域就是迅猛发展的电子商务。事实上,许多系统可以被抽象成电子市场中的买方智能体和卖方智能体,这就使得交易智能体的研究更具一般性。因此,基于智能体的电子商务成为当前智能体应用领域研究的一大热点。当前,在多智能体系统研究的前沿领域作出突出贡献的几位专家学者,几乎都将研究的应用领域瞄准了电子商务。研究的重点集中在基于智能体的自动协商系统、学习和进化、偏好和知识获取、不确定环境下的协商模型、产品定价等。采用的方法包括启发式搜索、遗传算法、约束求解、模糊数学、博弈论、动态规划、知识获取、本体论等等。主要的成果有:Wooldridge(1995)和 Shaheen 等人(2002)在智能体的偏好和知识获取方面,采用基于知识的方法进行了开创性的研究;IBM 高级研究中心(1999)开发了双向拍卖协议(CDAs)下用户和智能体的交互方法,他们还用动态规划方法研究了该协议下的竞标策略;Jennings 等人(2003)利用带优先级的模糊约束求解方法建立了基于智能体的自动协商模型,并给出了协商通用原语;何明华等人(2003)给出了交易智能体的模糊推理方法,韩伟等(2004)对该方法进行了改进,使之能够自动适应市场变化;吴定杰(2002)等人研究了寡头市场下卖方智能体的合作行为;Kraus 等(2003)采用基于博弈论的方法建立了面向不同问题领域的协商模型,主要考察了协商各方对时间的依赖;Kraus 等(2003)还利用智能体结盟的思想研究了电子市场中的购买结盟问题;韩伟等(2004)引入了结盟的信用机制,使之更具实用性;国内史忠植开发了基于多主体平台 MAGE 的电子商务应用系统。

1.2.3 多智能体的环境

Russell 和 Norvig(1995)建议对智能体环境按照如下维度进行分类。

可观察的与不可观察的:在可观察世界中,智能体可以获得全部的、准确的、最新的环境状态信息。从这个维度上看,多数真实世界环境(例如电子市场、智能交通系统)都是不可观察的。

确定性的与非确定性的:在确定性环境中,任何动作都会有一个确定的效果(比如回报),当执行该动作后,状态的转移也是确定性的。从这个维度上看,多数系统(包括电子市场)是非确定性的。

静态的与动态的:静态环境指假定智能体没有执行任何动作,环境不会发生改变。相反,动态系统有其他过程发生作用,因此会在智能体的动作之外发生变化。从这个维度上看,多数系统(比如 Internet)是动态的,电子市场也是动态的。

离散的与连续的:如果存在确定的、有限数量的、可以被感知的动作和状态,则称环境是离散的。通常,根据具体的问题领域,在特定条件下(满足应用需求)可以将连续环境离散化。比如,在电子市场定价决策中,可以对卖方的定价、市场的需求等连续变量做离散化处理。

正是由于多智能体环境的不可察性、非确定性、动态性、连续性使得智能体的学习、适应、决策等问题变得比单智能体环境复杂得多。

1.2.4 自治智能体研究的基本问题

1.2.4.1 合作与规划

多智能体研究的一个主要问题就是使个体智能体能够适应其任务环境的动态变化而自治地决策其行为。比如,在电子市场定价决策中,如何适应市场供求的变化(包含对手的定价行为的变化)来决策,以最大化自身的利益。有些研究已经涉及自治智能体的协作问题,Mataric(1994)提出了一种群体行为学习方法,在这种方法中,用基于不同类型奖励函数的强化学习来联系 6 个具有触发条件的基本行为。Fukuda 提出了一种在分散式自治智能体系统中实现群体合作行为的机制,该机制用一个全局稳定的吸引子来模拟群体行为,基于分叉生成的新吸引子来模拟新群体行为。Lyons 开发了一个叫做 RS 的系统,该系统把规划看作是一个反应式过程的永久适应。到目前为止,多智能体规划的研究主要限于分布式人工智能领域(Stone and Veloso,1998;Sugeno,1985)。用分布式人工智能,几个智能体可以合作完成单个智能体无法完成的任务。本书第 3 章将基于黑板模型提出一种多智能体的合作学习方法。

1.2.4.2 学习、进化与适应

多智能体系统开发的一个重要目标是设计一种分布式控制结构,使智能体能够在复杂动态环境中执行任务。学习与进化使得多智能体环境下的智能体能够通过与其他智能体的竞争与合作,来改善自身在环境中的生存能力。学习是智能体适应环境的一种策略。通过和环境以及其他智能体交互的经验,智能体能够把环境知识和关于其他智能体的知识综合到内部状态,从而形成对具体行为应用的认识。进化可以看作是智能体群体适应其环境的策略。有了进化机制后,智能体就可以在执行任务和学习有效行为的过程中变得更具有适应性和稳健性。适应是智能体根据其历史经验而作出相应调整的学习。本书第2章将深入地讨论多智能体的强化学习方法,将博弈学习理论和马尔可夫决策过程结合起来,针对协调博弈提出内省推理的多智能体博弈学习方法。

虽然在多智能体学习问题上已经有相当数量的工作,但迄今为止只有不多的工作已经完成。强化学习技术处理有限搜索空间是有用的,但是对于那些涉及非常大的搜索空间的应用,强化学习技术就非常浪费时间,且对空间的搜索成本也相应提高,这使得多智能体的学习成为一个十分复杂的问题。Schaal(2000)认为,多智能体学习需要研究如何从延迟回报中学习、如何处理高维数据、如何使用有效的函数近似等问题。本书第3章将针对Q学习收敛速度慢的问题提出一种基于进化的多智能体合作学习方法。

1.2.4.3 推理式智能与反应式智能

Spier(1997)将协同的多智能体研究划分为两种。第一种是相信“多智能体控制最好通过推理式的手段来实现,包括具体的环境描述与逻辑推理”;第二种相信“多智能体控制最好通过反应式手段来实现,这反应式手段中,智能体依赖于简单的行为以及这些行为之间的交互来产生智能”。Brooks 是对演绎推理方法最直率、最有影响的批评者之一,他认为:智能是复杂系统自然产生的属性;智能存在于现实世界,而不是定理证明器和专家系统;智能的行为是智能体和它所处的环境相互交互的结果,而不是先天的和孤立的;Brooks 提出的归类式结构是反应式智能的典型代表。

尽管反应式系统是鲁棒的,在单个智能体层面上是可以理解的,但一般都是低效的,在全球层面上是复杂的(很难达到受控全局行为)。随着反应规则库的增大,规则之间复杂交互的推理变得非常困难(Hare and Jennings,1996)。另一方面,推理式系统虽然比反应式系统更加容易预测,而且具有更加易于理解的全局行为,但是正如 Spier 指出,推理式系统是不鲁棒的。

结合电子市场中的交易智能体的协商问题,第4章将基于市场交互机制建立一个智能体倾向于表现反应式智能的协商模型,第5章将基于模糊推理方法建立一个智能体倾向于表现推理式智能的协商模型。本书将分别从个体角度和全局角度分

析这两类系统的性能。

1.2.4.4 交互机制与社会性

针对多智能体环境的动态开放性,需要研究多智能体系统的交互机制和组织方式,包括智能体之间的协商方式、合作方式、通信方式、任务分配、社会法则等。多智能体组织是一种结构化的、有明确求解目标的智能体群体,基于智能体组织的问题求解可以降低求解难度,减少智能体之间交互复杂性。关于智能体组织的研究,目前比较受关注的问题有智能体的组织模型、组织的形成和演化、组织规则和组织模式等。社会性是智能体在群体中的社会行为的重要体现。受社会学和经济学研究的启发,基于组织理论和市场机制研究智能体的社会性被认为有可能成为多智能体的理论基础之一。Grosz 和 Kraus 教授目前正基于仿真平台对这一前沿领域进行开创性的研究,并已经得到了一些有意义的结果(Grosz and Kraus, 2004)。

本书第4章将讨论建立一个市场机制的智能体计算模型和问题求解机制。

1.2.4.5 自动协商

协商是自主智能体之间就某种稀缺资源达成一致的交互方式,这些智能体的利益相互冲突但具有合作愿望。作为人们解决问题的一种方式,协商在日常生活中非常常见,在现实中也具有广泛的应用价值,应用领域包括先进制造、电子商务、虚拟企业、商务流程管理等等。自动协商系统的研究引起了不同学科科学者的广泛关注,包括博弈论、政治学、社会学、经济学、管理科学等。在多智能体系统研究领域,结合蓬勃发展的电子商务,面向电子商务的自动协商系统引起了人们极大的研究热情。这一方面是因为技术的推动将自动协商推上了研究日程(语义 Web 和语义网格使得分布异构的计算实体可以进行灵活的交互来完成特定功能);另一方面,电子商务市场潜在的巨大应用需求拉动了对自动协商的研究(自主智能体分别代表不同的代理人,他们具有潜在的利益冲突,只能通过协商来达成一致)。交易自动协商具有以下优势:

(1)人工协商费时费力,要求协商者随时在线。许多情况下,由于人工协商的成本太大,对于小额交易进行协商是不合算的。自动协商通过交易智能体能高效地实现协商过程,大大拓展了协商的应用范围。

(2)自动协商可以避免协商过程受到情感因素和人为因素的干扰。

(3)交易智能体能够不断获取代理人的偏好知识(属性权重、约束条件等),充分利用领域知识(市场状况、库存情况等)和对方偏好知识,成为领域协商专家,来完成复杂的协商过程,达到比人工协商更好的结果。

本书第6章将基于模糊约束规划给出一个面向电子商务实际应用的自动协商系统。