

开放 Agent 社会的框架模型研究综述^{*}

李庆华 张红君

(华中科技大学计算机学院 武汉430074)

摘要 开放 Agent 社会是一种多 Agent 系统,其中的 Agent 是由不同所有者开发的,具有不同的目的和利益。Agent 的异构性、冲突的个体目标以及可能与系统规范的不一致性是这种系统的主要特征。因此,这种系统的活动需要一个框架模型进行管理,以进行协调控制和引导全局行为的发生,同时保证个体成员的自主性。本文对开放 Agent 社会的框架模型的研究和应用现状进行了归纳总结,分析了几种有代表性的理论框架和软件实现。最后,提出了现有的问题和未来的研究方向。

关键词 开放 Agent 社会, Multi-agent 系统, 框架模型

A Survey of Framework Model of Open Agent Society

LI Qing-Hua ZHANG Hong-Jun

(Department of Computer Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 30074)

Abstract Open Agent Societies are multiagent systems composed of self-interested software agents that have been developed by different parties. Characteristic features are agent heterogeneity, conflicting individual goals and a possibility of non-conformance to the specifications of the systems. Consequently, the activity of such systems needs to be governed by a framework to deal with the coordination control and integrates global aims and autonomy requirements of its participants. This paper surveys the research and application status of the framework model of Open Agent Society. Several representative theoretic frameworks and software implementations are introduced and analyzed. Finally, the existing problems and the future researching directions are presented.

Keywords Open agent society, Multiagent system, Framework model

1 引言

随着网格、普适计算等网络计算形式的出现,网络计算技术使人们的工作方式更多地具有群体性、交互性、分布性和协作性,开放、协作和智能成为现代计算系统的重要特征。Agent 这一抽象概念为这种复杂系统描述提供了一个合适的抽象。最近几年, MAS (Multi-agent system) 在许多网络计算领域广泛应用,如网格资源分配、电子商务、协作医疗等。这些应用导致了一些开放 Agent 社会 (Open Agent Society - OAS) 的出现,其中的 Agent 是由不同所有者开发的,具有不同的目的和利益,面临着受限的理性和 Agent 之间的机会主义,被要求以一种灵活的方式进行交互并展示主动行为,但其整体行为应该满足系统的协同计算需求。要开发这种开放的信息系统,目前许多 MAS 研究的理论工具和原理都是不充分的。大多传统的 MAS 研究团体关心的是设计比较少的计算人工 Agent,采用 Agent 为中心的观点,使得 Agent 互相协调以完成一个共同的目标。对于服务网络 (Web servers)、网格的虚拟组织等包含大量 Agent 的开放社会, Agent 的内部结构是异构的,非公开的,在大多数研究者的进程中很少作为优先考虑的目标。为了对这些开放 Agent 社会进行建模,使其可以在更复杂、不确定的、时常改变的环境中进行有效协同,必须给传统的 MAS 理论补充新的、广泛的社会性概念。

最近几年,一些研究者认为,在复杂、开放的环境设计 MAS 系统,社会抽象将有助于处理其中的协调、协作和信任问题,这些问题在人类社会中也同样存在。在 MAS 的研究中

引入社会性的概念以后,研究内容更为广泛,从 MAS 中 Agent 之间的协商、协调、协作、交互协议,交互语言、群体思维属性和 MAS 的分析设计,扩展到研究 MAS 的效用、社会理性、权力、规范和 Agent 组织、社会机制 (Social Institutions) 等 Agent 社会模型及其应用,有的研究者认为 Agent 的社会性可能成为 MAS 未来研究和发展的理论基础^[1]。

任何社会的目的是允许其成员在一个共享的环境协同存在以追求其各自的目标或互相协作以获得一些全局目标。社会的正常运行通常需要一些机制以保证社会秩序。同样,对于开放 Agent 社会,也必须利用社会科学的研究成果,进行跨学科的研究,以提出开放 Agent 社会的理论框架和计算模型,引导 Agent 社会的全局行为的发生,使其产生有益的协作、协调,同时保持系统的灵活性和个体成员的自主性。

目前,对开放 Agent 社会的框架模型研究已经引起欧洲一些发达国家研究者的广泛关注^[2~5],提出了许多概念、理论和模型。本文介绍了表达开放 Agent 社会框架模型的一些主要概念、理论和研究方法,重点分析了基于计算组织、规范和电子机构 (E-institution) 等社会学概念的框架模型,讨论这些模型并发现其共性,在此基础上,希望能够勾勒出研究开放计算系统框架的现状与发展趋势,以指导该领域的研究与应用。

2 开放 Agent 社会 (OAS)

目前尚没有关于 Agent 社会的严格定义。从窄处说,一个软件 Agent 集合,为了一些目标,根据一些共同的规范和

^{*} 本文的研究得到国家自然科学基金资助 (编号: 60273075)。李庆华 教授, 博士生导师, 主要研究领域: 并行计算、分布式人工智能、数据挖掘、入侵检测。张红君 高级工程师, 在职博士研究生, 主要研究领域: 网络协同计算、分布式人工智能。

规则互相交互,可以被称作人工社会(artificial society)。文[3]定义开放 Agent 社会为:一个开放 Agent 社会是一个 MAS 系统,其成员具有异构的结构,不一定共享全局效用的概念,行为和交互不能提前预测,每一个成员至少占据一个社会角色,成员的行为受到社会法则的限制。

Davidsson 依据以下特点将人工社会分为开放社会、半开放社会、半封闭社会和封闭社会四类^[6]:

开放性:描述了任何 Agent 加入社会的可能性。

灵活性:指 Agent 的行为受到社会规则或规范限制的程度。

稳定性:定义了行动结果的可预测性。

可信任性:刻画了 Agent 的所有者可能信任社会的程度。

依赖于其目标,一个 Agent 社会需要不同程度支持这些特性。其中的一个极端是封闭社会,外部 Agent 不可能加入这个社会。社会中的 Agent 是预先设计的,互相可信任的,共享一个共同目标,互相协作完成社会目标。大量目前存在的 MAS 都属于这种类型。这种社会提供很强的稳定性和信任性,然而,提供很少的开放性和灵活性。

另一个极端是开放社会,对 Agent 加入社会不作任何限制,即,开放社会可以很好支持开放性、灵活性,但缺乏稳定性和信任性。WWW 是这种开放社会的典型实例。

综合开放社会的灵活性与封闭社会的稳定性,提出了两种新的 Agent 社会形式:半开放和半封闭的社会。这种在灵活性与稳定性之间的平衡,导致系统需要一种机制以支持系统协调行为的发生。

半开放社会:外部 Agent 的访问受到明显管制。可以决定是否接收新的成员,并对处于社会中成员进行监控。半开放社会对开放性和灵活性作了一些限制,却可以提供较大的稳定性和信任性。这种系统的一个实例是 Napster 系统(<http://www.napster.com>)。

半封闭的 Agent 社会:不允许外部 Agent 进入,然而,对外部提供了在社会中实例化一个新的 Agent 代表其利益的可能。这扩充了社会的开放性和灵活性,同时不损失稳定性和信任性。这种方法在 ISLANDER 平台被采用^[2]。每个外部 Agent 被提供一个 API 作为与机构的接口,管制所有交互。

本文所指的开放 Agent 社会,是以上半开放和半封闭社会的综合形式。这种社会的规范框架要满足以下需求:

(1) 内部自主性需求(internal autonomy requirement):对社会的组织和规范元素(如角色、规范和目标)进行形式化描述、构建和控制,而不仅仅是对 Agent 的内部状态进行处理。对社会的交互和结构表达必须独立于系统成员的内部设计^[4]。

(2) 协作自主性需求(collaboration autonomy requirement):系统的活动和交互必须具有自主性,没有完全预先固定其交互结构。即系统对异构性和灵活性的要求^[4]。

(3) 一致性需求:必须将系统看作规范系统(normative systems)的实例,即必须描述这些系统成员的制度权利(Institutionalized powers)、许可和义务,限制成员的行为选择不偏离系统的理想目标^[3,5]。

(4) 对框架的描述必须是形式化的(Formal)、说明性的(Declarative)、可验证的(Verifiable),且有意义的(meaningful)。应该提供计算模型或软件的方法工具以验证是否设计满足其需求和目标^[3]。

3 OAS 的理论框架模型

对开放 Agent 社会的研究跨越组织管理学、心理学、社

会哲学以及法学等不同学科。根据规范框架的理论特征和源自的研究领域,这些模型分为以下几类:社会认知方法(Socio-cognitive approaches)、人工社会系统(Artificial Social Systems)、计算组织方法(Organizational approaches)和规范制导方法(Norm-governed approaches)。

社会认知方法是从社会成员的内部思维状态对计算系统进行建模的方法,模型多采用模态逻辑进行形式化描述,并给出基于可能世界模型的语义解释。尽管这些模型提出了许多概念和方法,为开放系统的刻画提供了理论基础^[8,9],然而这些研究大都缺乏围绕系统的好的社会模型,即有关 Agent 互相关系的社会结构描述。有关其形式化和基于可能世界语义理论的问题,Wooldridge 等认为在刻画 Agent 状态的抽象可达关系和任何计算模型之间通常没有精确的连接^[10]。由于开放 Agent 社会的成员结构是异构的,这些研究不能直接应用于对开放 Agent 社会建模。

3.1 人工社会系统(Artificial Social Systems)

文[11]中提出了一个 Agent 社会的可计算数学模型,包括一个规范级(normative level)。他们定义了人工社会系统(Artificial Social System)的概念,作为一个分布协调机制,基于一个对 Agent 行为的限定集合,称作社会法则(Social laws),这些法则允许 Agent 在一个共享的环境协同存在以完成其目标。社会法则在 Agent 活动开始前的脱机阶段决定,并使得系统成员在执行活动期间联机建立他们自己的计划。这里的脱机指设计期间,联机指执行期间。

在一个规范系统,状态转换函数的参数不仅包括目前的状态和 Agent 进行的行动,而且要考虑与所进行的行动有关的社会法则。在这种情况下,只要所有 Agent 遵守法则,状态转化函数将产生下一个可能状态的预测集合。

社会系统认为是规范系统的实例。特别地,社会系统的所有可能的状态必须是社会可接受的("Socially acceptable")。如果系统的初始状态是系统可接受的,并且每个 Agent 遵守系统法则,则每一个 Agent 应该总是可以获得社会可以接受的目标。

Shoham and Tennenholtz 讨论了有用的社会法则的概念^[12]。简而言之,有一个根据有用法则的合法计划,根据这个计划使得一个 Agent 可以达到一个焦点状态集合,即,对 Agent 有利的状态(假若所有其他 Agent 行为也按照系统 laws 进行)。这些状态可以被看作由 Agent 的社会可接受的目标已经达到的状态。换句话说,规范系统 N 关联一个有用的法则集合,将导致一个社会系统 S ,只要 N 的初始状态是社会可接受的(socially acceptable)并且系统成员根据有用的法则行动。

文[13]定义了社会法则的另外两个属性,即最小性和简单性。定义最少社会法则的基本原理是为 Agent 选择其行为提供更多自由,同时确保它们符合系统规范。简单化社会法则的基本原理是简单法则较少依赖于 Agent 的能力。学习一个简单法则可能更快,表达可能更简洁。

正如上面提到的,对人工社会系统的研究强调对法则的脱机设计,有时在脱机阶段设计社会法则是不可行的。例如,在设计阶段系统的特点可能是不完全知道的。在一个补充研究中,Shoham 等探索了在系统联机执行阶段法则出现的情形。

两个不足之处:1. 社会法则没有刻画 Agent 系统成员的制度权利(institution power)。这可能是由于该方法研究的应用(如移动机器人、自动生产线)主要是有关强力(brute facts)描述,而不是制度上的。2. 对社会法则的设计假设所有成员

遵守法则。然而,正如文[12]提到,Agent 系统(特别是开放 Agent 社会)并不总是根据社会法则行动。于是,必须考虑和开发机制以处理法则的不一致性。

3.2 基于计算组织理论的研究

在许多情况下,MAS 被看作计算组织^[14]。在这种情况下,研究者使用计算组织的抽象表达 MAS.Agent 组织是一种结构和求解目标明确的、为求解同一类问题长期存在的 MAS 形式。早期的 Agent 组织求解模型通常以角色为中心,有显式的组织结构,组织中的 Agent 有共同的利益和求解目标,如 ALAADDIN 模型^[15]和 Gaia 方法^[16],以及 Zambonelli 等人在 Gaia 方法基础上的扩充^[17]等,这些模型虽然具有结构不灵活、不适于重组、没有形式化规范等问题,但其对系统行为的可预测性以及基于组织方法的进一步改进,都对开放系统的框架模型研究提供了重要理论基础。

3.2.1 电子机构 Esteva 等设计了一种规范语言将 Agent 社会刻画为电子机构(e-institution)^[2]。在该模型中,定义角色为一个标准的行为模式。占据一个角色的 Agent 进行与角色相关的对话行为。用对话框架(dialogic framework)定义了 Agent 可以交流的有效的述行语(illocutions),以及参加该对话框架的角色和角色间的关系。场景(Scenes)表达在一个系统中 Agent 可以进行交互的不同背景(contexts),每一个场景由通讯协议控制。行为结构(performative structure)是不同场景之间的转换关系(即怎样使不同的角色可以合法地由一个场景到另一个场景)。规范规则(Normative rules)刻画了由于义务引起的 Agent 的行动对其相继可能行为的影响。分为情景内和情景间两种规则。

该研究通过提供有关电子制度所有方面的非常详细的形式化规范,以及图形化工具使得这种规范易于理解,为可验证地设计电子市场提供了基础。该框架的不足之处是采取了一个非常低级的方法抽象交互,要求所有的交互根据完全特定的协议进行,限制了 Agent 的自主性。

3.2.2 OperA (Organizations per Agents) 模型 V. Dignum 提出了 OperA 组织交互框架模型,从三方面对 Agent 社会进行了描述^[4],包括:组织模型、社会模型、交互模型。其中组织模型描述了社会期望和意图的行为以及社会结构,从外部描述角色的行为,不涉及 Agent。组织模型划分为两部分:服务(Facilitation)角色和操作(Operation)角色。服务角色定义了制度角色,用于确保全局社会行为的执行。操作角色定义了与领域任务相关的角色。例如网格资源服务市场中,包含市场登记、管理、查找匹配等机构角色,以及 server 与 consumer 操作角色。交互模型描述承担角色的 Agent 与场景中的行为的关系。社会模型刻画了组织角色和特定 Agent 的关系,通过社会合同和交互合同将 Agent 与角色、Agent 与行为结构动态结合起来,以满足 Agent 内部自主性需求,但又保证个体行为不偏离系统目标。为了对组织中可能出现的交互进行一些引导,框架定义了交互结构。这些结构定义了获得社会目标的某种交互模式。但这种交互的定义不是状态到状态的(例如,一个通讯协议),而是一些应跟随的步骤(也称作路标 Landmark)。例如,一个电子商行的交互结构定义如下:

1. 进入电子市场的 Agent 应该首先登记。

2a. Then, 如果是扮演 seller 角色,应该登记他们愿意卖的货物。

2b. 如果是扮演 buyer 角色,必须登记其需求。

3 Then sellers and buyers 可能协商。

4 最后,他们应该对交易活动进行支付。

以上交互结构与协议的不同点在于:协议逐步定义了所

有交互的过程,而交互结构只固定了一些路标,让 Agent 自主决定其到达路标的方法。

总之,在 OPERA 框架中,Agent 的行为不仅受到社会合同的制约,因扮演角色而受到组织模型中完全静态定义的关于角色间期望的交互结构制约,而且也受到交互合同的限定,交互合同是 Agent 实际交互中出现的,这些交互受到交互结构以 landmarks 形式给出的低权限限制。

V. Dignum 在其后续研究中基于时态义务逻辑给出了以上框架的形式化语义,描述了一个开发 OperA 模型的方法,并展示了该框架在知识管理领域的应用。该方法的不足之处是没有解释模型组织背景的规范可能对组织的影响,以及依赖于规范的抽象级,将其包括进组织的不同级。

3.2.3 分级规范的电子机构 Vazquez 提出一个 HARMONIA 框架,对电子机构的规范进行了分级刻画^[5],认为一个电子机构的规范框架包含四级抽象:

抽象级:定义了组织的章程、目标、值等高级抽象定义,以及相应的抽象规范。

具体级:抽象规范被循环具体化为更具体的规范,组织的策略被定义。

规则级:修订上一级的规范和策略,将规范与实现他们的方式连接起来。

过程级:所有规则和策略被转换成有效的计算过程,使 Agent 易于直接使用。

其中抽象和具体级组成了 E-institution 的规范系统,定义了应用于系统的所有义务、权利和许可。规则和过程级组成了 E 组织的实践系统,他们定义了系统中 Agent 应该采取怎样的行动以遵循规范系统的约束,以及 E-组织怎样确保一些规范的完成。定义了这些级之间的联接,并标识出 context 对每个抽象级的影响。另外,该框架还提出适合于不同级的一些元素:

策略(Policy):有关特定主题的规范和规则集。例如:安全策略、保密策略等,(从抽象级到规则级适用)。

目标/角色层次(Role hierarchy):是系统目标的划分。每个角色在不同层与规范、规则、过程紧密相连。

本体(Ontologies):在 E-institution 中共享的概念。

虽然 HARMONIA 使用多模逻辑进行了一些部分形式化,也利用本体和过程进行了一些实现,但仍然缺乏对各级之间的语义关系描述。

3.3 Norm-Governed 的框架模型

Norm-governed 的框架模型的主要概念基础是规范(Norm)、义务关系(Normative positions)、制度权利(Institutionalised power)和社会承诺。

社会科学已经证明,规范和义务对于解决多 Agent 系统的协调、协作等重要问题是至关重要的。Krogh 讨论了义务与 MAS 的关系^[18],认为义务是 MAS 的一个有效组成部分,并将义务区分为一般(general)义务和特别(special)义务。一般义务又称作规范,在经典道义逻辑中指个体对社会的属性,是团队 Agent 之间的社会关系所引起的对行为的规范化约定或规则,是一种有效的协调手段。而特别义务是个体对自身或个体之间的一些承诺,是由于 Agent 之间的交互而具有的义务,通常由承诺、协商、承担相关角色等引起。

制度权利是指在 Norm-governed 的组织/机构中,指定的 Agent 被授权通过进行一定的行动(如言语动作)建立或修改具有常规意义(conventional significance)的事实。例如,会议主席宣布会议闭幕导致会议状态的改变,牧师宣布婚姻成立导致婚姻状态的改变,都是制度权利的实例。在开放 A-

gent 社会中,制度权利被用来对一个组织或机构的有效或无效的行动约束进行形式化。

社会承诺也是在 MAS 协作和协调的研究中得到广泛关注的概念。在开放社会中, Singh^[19,20]等人提出了从外部研究社会承诺的思想,定义为 $c = C(x, y, G, p)$, 指 X 在背景 G 下对 Y 做出承诺 p, X 负责为 Y 完成 p。在这种情形, X 是债务人, Y 是债权人, p 是承诺的解除条件, G 是承诺的背景团体, 也即承诺的第三方, 作为仲裁机构解决债务人和债权人的争端。在此基础上, 提出了对承诺的操作、基于承诺的 ACL 语义解释、基于承诺的交互协议以及承诺与义务算子的关系。这些研究被广泛用于对开放 Agent 系统的规范框架和通讯的研究中。

在规范制导的系统中, 惩罚(Sanctions)和强制措施(Enforcement policies)是其框架模型需要考虑的机制。对于违背规范、义务和承诺的行为, 提供惩罚和强制措施。

Artikis 集成了以上思想, 提出了一个开放计算系统的可执行的规范模型。该模型从社会约束、社会状态和社会角色三方面给出了开放计算系统的框架模型。社会约束规范包含三级: 有效行动、许可行动和强制策略, 分别对应了制度权利、义务关系和惩罚措施。社会角色定义为一个 Agent 承担该角色必须满足的前提条件集合和承担角色后对 Agent 的行为约束集合。该模型主要具有以下特点。

采纳了外部观察者的观点推理 Agent 应该采取的行动。此外, 将开放计算系统看作规范系统的实例, 描述了系统成员的许可和义务, 考虑了成员的行为偏离理想的可能性。

明确表达了 Agent 成员的制度权利, 认为这是任何规范制导系统的标准特点。维持了标准的对物理能力(physical capability)、制度权利和许可(permission)之间的区分。

通过两个时态的、可以实现的动作语言, C⁺和事件演算 EC 语言(Event Calculus), 借助于一个电子商务实例, 提供了对以上概念的形式化描述。

通过 Causal Calculator (CCALC) 软件工具和 Society Visualiser (SV) 软件工具, 对规范进行了执行和验证。

该模型的不足之处是没有描述社会机构、复杂的交互以及社会中的协调等概念。

4 OAS 框架模型的软件实现与应用

上节介绍了一些 OAS 的框架模型、相关的理论、概念和技术。这些模型有些已经建立了相应的计算模型(即软件实现)并在一些应用上得到验证, 如表 1 所示。

表 1

软件实现	理论模型
Fishmarket	E-institutions
ISLANDER	E-institutions
Society Visualiser (SV)	Norm-Governed 的框架
KennisNet	OperA
CARREL	HARMONIA

Fishmarket 和 ISLANDER 都是 e-institutions (见 3.2.1 节)的软件实现。FishMarket^[21] 拍卖房是利用 e-institution 的图形规范语言建立的一个电子拍卖房的软件原型, 异构的 Agent 只要遵从于 'normative rules', 就可以进行货物贸易。ISLANDER^[2] 是 Esteva 和其同事开发的一个软件工具, 具有文本描述语言和图形化编辑器。设计者使用该工具可以方便地对 e-institutions 的框架元素进行设计, 包括规范规则(normative rules), 述行语结构等, 并对目标的可达性进行一定验

证。

Society Visualiser (SV) 是为了执行和验证由 EC 语言编写的社会约束而设计的计算平台^[3], 主要功能是计算有关 EC 行为约束描述的谓词查询。SV 输入系统初始状态、社会约束集和发生的事件序列, 通过计算, 产生结果的状态集。该平台提供图形化的用户界面可以直接显示与社会中每个机构(可以是多个)每个 Agent 相关的社会角色、制度权利、许可、义务、惩罚和有效的行动, 同时也显示环境的信息。利用该平台, 已经实现了对合同网协议的描述和验证。

KennisNet 是基于 OperA 模型和方法实现的知识管理系统的原型^[22]。

CARREL^[5] 系统第一次将 Agent 为中介的电子机制用于医学领域的移植分配问题, CARREL 系统的目的是帮助专家进行移植中的肌体分配和分布过程中的决策。在这种医学应用中, 使用规则去引导 Agent 的行动是必须的(强制性), 因为任何错误都可能导致不成功的移植和病人的死亡, 并且浪费宝贵的肌体。更复杂的是, 所有 Agent 的行动必须遵守有关分布和使用肌体进行移植的法律, 这种标准(规章)的需要是将 CARREL 模型作为电子机制的原因之一。Vazque 等利用 ISLANDER 开发平台实现了 CARREL 的功能, 尤其是对多级规范的刻画。

结束语 开放 Agent 社会是随着网络计算应用的发展而出现的新的研究领域。尽管以上介绍了许多不同的框架模型, 然而, 针对开放计算系统的特点提出一个通用的、规范的、可实现和验证的开放 Agent 系统结构模型, 从而使得基于 Agent 的工程趋于成熟绝对是一条艰难的探索之路。目前的研究还必须解决以下问题。

1. 理论与实践的分离。目前有些研究主要关注如何通过表达力很强的逻辑对模型进行理论上形式化, 这些形式化无法找到好的计算模型或者是计算复杂性很高。而有些研究专注于实现一个电子机制, 对系统模型缺乏精确和有利的描述。

2. 概念不统一。该领域研究者面临的另一个问题是使用的各种各样的术语的混乱, 不同的术语指同样的概念, 或同样的术语具有不同的意义。

3. 缺乏成熟的标准。目前的研究工作大都还仅限于一些非常小的试验环境, 对开发开放 Agent 系统的规范、理论、实现技术都没有形成成熟的标准。

参考文献

- 1 Panzarasa P, Jennings N R. The organization of sociality: A manifesto for a new science of multi-agent systems. In: Proc. 10th European Workshop on Multi-Agent Systems (MAAMAW-01), Annecy, France, 2001
- 2 Esteva M, Rodriguez-Aguilar J, et al. On the formal specifications of electronic institutions. In: F. Dignum and C. Sierra, eds. Agent Mediated Electronic Commerce, LNAI, Springer, 1991. 126~147
- 3 Artikis A, Kamara L, et al. Towards an Open Agent Society Model and Animation. In: Proc. of the 2nd. Agent-Based Simulation Workshop, Passau, 2001. 48~55
- 4 Dignum V, Dignum F. Modeling Agent Societies: Coordination Frameworks and Institutions. In: Brazdil P, Jorge A, eds. Progress in Artificial Intelligence. LNAI 2258, Springer-Verlag, 2001. 191~204
- 5 Vázquez S. The Role of Norms and Electronic Institutions in Multi-Agent Systems Applied to Complex Systems: The HARMONIA framework; [Ph. D. Thesis]. Technical University of Cataluni-

- ia, Barcelona, 2003
- 6 Davidsson P. Categories of Artificial Societies. In: A. Omicini P. Petta, R. Tolksdorf, eds. Engineering Societies in the Agents World II, Springer Verlag 2001, LNAI 2203
 - 7 Singh M. An ontology for commitments in multiagent systems: towards a unification of normative concepts. Artificial Intelligence and Law, 1999, 7(1): 97~113
 - 8 Cavedon L, Sonenberg L. On social commitment, roles and preferred goals. In: Demazeau Y, ed. Proc. of Intl. Conf. on Multi-Agent Systems (ICMAS), IEEE Press, 1998. 80~87
 - 9 Panzarasa P, Norman T, et al. Formalising collaborative decision-making and practical reasoning in multi-agent systems. Journal of Logic and Computation, 2002, 12(1): 55~117
 - 10 Wooldridge M, Jennings N R. Intelligent Agents: Theory and practice. The Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115~152
 - 11 Moses Y, Tennenholtz M. Artificial social systems. Computers and Artificial Intelligence, 1995, 14(6): 533~562
 - 12 Shoham Y, Tennenholtz M. On social laws for artificial agent societies: off-line design Artificial Intelligence, 1995, 73(1-2): 231~252
 - 13 Fitoussi D, Tennenholtz M. Choosing social laws for multi-agent systems: minimality and simplicity. Artificial Intelligence, 2000, 119(1-2): 61~101
 - 14 Carley K, Gasser L. Computational organization theory. In: G. Weiss, ed. Multi-Agent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, MIT Press, 1999. 299~330
 - 15 Ferber J, Gutknecht O. A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems. In: Y. Demazeau, ed. Proc. of Intl. Conf. on Multi-Agent Systems (ICMAS), IEEE Press, 1998. 128~135
 - 16 Wooldridge M, Jennings N, et al. The Gaia methodology for agent-oriented analysis and design. Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2000, 3(3): 285~312
 - 17 Zambonelli F, Jennings N, et al. Organizational rules as an abstraction for the analysis and design of multi-agent systems. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 2001, 11(3): 303~328
 - 18 Krogh C. Obligations in multiagent systems. In: A. Aamodt and J. Komorowski, eds. Proc. of Scandinavian Conference on Artificial Intelligence (SCAI), ISO Press, 1995. 19~30
 - 19 Singh M. An ontology for commitments in multiagent systems: towards a unification of normative concepts. Artificial Intelligence and Law, 1999, 7(1): 97~113
 - 20 Singh M. A social semantics for agent communication languages. In: F. Dignum and M. Greaves, eds. Issues in Agent Communication, LNCS, Springer, 2000, 1916: 31~45
 - 21 Rodriguez-Aguilar J, Martin F, et al. Towards a test-bed for trading agents in electronic auction markets. AI Communications, 1998, 11(1): 5~19
 - 22 Dignum V. Using Agents to Support Knowledge Sharing. In: Proc. of Workshop on Autonomy, Delegation and Control: From Inter-agent to Organizations and Institutions. AAMAS'03, Melbourne, 2003

《计算机科学》投稿须知

《计算机科学》由国家科技部主管,西南信息中心主办,系“中文科技核心期刊”、“中国科技论文统计与分析用期刊”、“中国科学引文数据库来源期刊”、“中国期刊方阵双效期刊”。《计算机科学》以其新颖、准确、及时为特色,突出动态性、综述性、学术性;主要报导国内外计算机科学与技术的发展动态,内容涉及程序理论、计算机软件、网络与信息、数据库、人工智能、人机界面、国际会议、应用等。

投稿者须知如下:

1. 内容充实、立论正确、有创新、重点突出、顺理成章。

2. 文字精炼、言简意赅,一般在8000字左右;并附200~300字中、英文摘要及题目、作者和工作单位英译名;编译稿应附原文;文末请列出主要参考文献。

3. 来稿须激光打印,字迹要清楚,上角或下角、英文大、小写字母须分明;数学符号应准确、规范(特别是英文正、斜体的正确使用);附图须用WORD绘制,必须正确无误。

4. 请勿一稿两投。

论文书写格式如下(具体实例请参考我刊2005年第1期):

第1页:(通栏)中文标题→中文作者姓名→中文作者单位(单位地址,邮编)→中文摘要、关键词→英文标题→英文作者姓名→英文作者单位(单位地址,邮编)→英文摘要、关键词→(脚注)基金资助说明、作者信息。

第2页起书写论文正文(双栏)。最后书写参考文献表(双栏)。

参考文献表的著录格式如下:

a. 专著: 标引项顺序号 著者. 书名. 版本. 其他责任者. 出版地: 出版者, 出版年. 文献数量 (选择项)

b. 专著中析出的文献: 标引项顺序号 作者. 题名. 见(In): 原文献责任者. 书名. 版本. 出版地: 出版者, 出版年. 在原文献中的位置

c. 论文集析出的文献: 标引项顺序号 作者. 题名. 见(In): 编者. 文集名. 出版地: 出版者, 出版年. 在原文献中的位置

d. 期刊中析出的文献: 标引项顺序号 作者. 题名. 其他责任者. 刊名, 年, 卷(期): 在原文献中的位置

e. 报纸中析出的文献: 标引项顺序号 作者. 题名. 报纸名. 年-月-日(版次)

f. 专利文献: 标引项顺序号 专利申请者. 专利题名. 专利国别. 专利文献种类, 专利号. 出版日期

g. 学位论文或技术报告: 标引项顺序号 作者. 题名: [学位论文或技术报告]. 保存地: 保存者, 年份

h. 会议论文: 标引项顺序号 作者. 题名. 会议名称, 会址, 会议年份