

复杂信息系统构建的新方法——多活性代理方法*

王 越

(北京理工大学, 北京 100081)

[摘要] 在分析复杂信息系统的基础上, 以系统理论为指导, 借用多代理技术的思想, 针对强对抗、强约束条件下复杂信息系统的特点, 提出了复杂信息系统构建的一种新方法——多活性代理方法 (MLAM, multi-living agent method); 同时, 在系统层次上指出了基于多活性代理复杂信息系统的基本内涵、与现有系统理论之间的衔接和区别; 最后给出了基于活性代理方法的复杂信息系统研究的基本内容和两个例子。希望多活性代理方法和研究内容的提出可以进一步促进科研人员开展复杂信息系统的研究, 开辟新的研究领域。

[关键词] 多活性代理方法; 复杂信息系统; 系统理论

[中图分类号] N94; TP391 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)05-0029-04

1 引言

在人类历史进化的长河中, 相关事物都是由低级到高级, 由简单到复杂逐渐演化的。所谓“复杂”可以概括表现为在多种条件下、多种相互交织作用的关系(含非线性或未知机理者)存在, 甚至“关系”难于分解为众多简单关系的组合。现今, 人类社会中具有复杂性的事物和系统已普遍存在。人类为了理性认识和表征事物的整体性未知复杂性特征, 在20世纪提出了“系统”的概念, 并掀起了“系统”研究的高潮^[1-7]。这一切说明了开展“系统”研究的重要现实性和科学性。同时, “系统”和“信息”已成为最频繁引用的名词, 而且, 由于系统内涵的广泛性和涉及学科的前沿交叉性, 使得系统理论的研究交织关系到现代人类认识领域中核心难题(如复杂性问题、思维认知问题、生命的突现形成问题、物质运动不稳定时空关系等)。在众多科学家努力下, 系统科学已经取得一些重要成果, 如普里高津教授的耗散自组织理论^[2]、哈肯教授的协同学(证明了不具生命的系统也会具有自

组织机制)^[3]、詹奇教授的自组织宇宙观^[4], 我国著名科学家钱学森教授提出的开放复杂巨系统的概念, 以及对开放复杂巨系统分析所采取的定性与定量相结合的思维方式(方法)^[5]。但是, 在如今高度信息化的社会中, 复杂信息系统在强约束条件、强对抗环境下如何保持自己的功能发挥, 如何能尽量延续系统自身的“活性”等问题, 直接运用以上理论是困难的。笔者在系统理论的指导下^[7], 借用基于主体的复杂系统建模的思想^[8-10], 试图提出一种基于活性代理的方法来解决强对抗、强约束条件下复杂信息系统的构建问题, 从而尽可能切合实际地以动态活性特性来表征复杂信息系统的功能并延伸系统理论的应用。

2 复杂信息系统的内涵^[7], “多活性代理”方法的提出

2.1 复杂信息系统与系统理论的密切关联性

信息系统除具有系统的普遍特性外, 是以“信息”作为系统运行媒介的为人类服务的一大类系统。这里所指的复杂信息系统是在强挑战环境、强

* 陶然教授、博士生李炳照、邓兵等参加了本论文的讨论

[收稿日期] 2005-10-11; 修回日期 2005-11-14

[作者简介] 王 越 (1932-), 男, 江苏丹阳市人, 中国科学院院士, 中国工程院院士, 北京理工大学教授, 博士生导师

约束条件下,具有多种功能需动态运筹,且具有良好嵌入特性的信息系统。复杂信息系统在现代社会中起着非常重要的作用,社会离不开它们(不可能允许例如重要银行的用户信息系统失灵、民航售票系统出错,哪怕错误持续几分钟也会对社会产生冲击,国家级及国防信息系统更具重要性)。信息科技和信息系统深深地嵌入社会各个领域,社会与信息系统发生密不可分的关系,社会中各种矛盾都会在信息系统中有所反映。由此,要求信息系统在强约束条件、强挑战环境下(如高安全性要求)发挥多种先进功能,这也是复杂信息系统设计中的一个无可回避的问题!

系统理论的核心原理,如开放耗散自组织机制形成系统层的运动规律(动态宏观序,系统功能发挥)通过涨落(矛盾斗争起伏多次反复)形成新的系统运动规律,系统与环境共同进化(大小宇宙共同进化),以及进化机制的进化等,这些系统理论由物理基础层进行了普适性论述,高度概括了系统动态发展的规律,对于复杂信息系统的研究具有重要的指导意义。例如,由哲理角度认识复杂信息系统发展的曲折对立统一过程,核心是当它嵌入社会对人类社会发挥越大的积极作用的同时,人类对它的依赖性就越强,这就埋下发生重大负面作用的根源。任何一个系统序的存在都是在一定条件下一种主流状态抑制(压制)其对立状态(负面)所形成的动态状态,当条件相对变化后(含社会发展),被抑制的对立状态或“负面效应”会反弹向主流位置转化,这种对立统一矛盾多次反复斗争会使原系统衰亡,新系统产生(新序的产生)。但是在应用基础层和应用层对复杂信息系统的特点及规律进行研究时,运用这些高度概括的系统理论困难较大,而且也不直接,正如引言所言,笔者在这种情况下提出“多活性代理”的系统方法,并对其进行初步研究,试图形成与现有的系统理论相应延伸理论和方法体系以资应用,进一步地延伸系统理论体系。

2.2 “多活性代理”的基本论述

“多活性代理”中的“代理”将人的意向、系统功能、系统结构、系统运行在“活性”意义上结合在一起,映射成现实系统或者未来设想系统的一个代表,它具有软硬结合、刚柔结合、人机结合、现实与未来结合等特点。“多”映射了复杂信息系统的多剖面、多层次、多子系统交织、多功能等本

质属性,“多”与“代理”结合,进一步体现了上述属性特征,而“活性”是赋予系统活力,表征复杂信息系统生存发展,在运动过程发挥作用,蕴含着“过程”都是有限度的,复杂信息系统虽功能先进完备,但随着“环境”的演化,它也有衰亡(活性衰退)的终结,下面对“活性”进一步展开讨论和界定。

“活性”具有多重含义,如一个人不具有活性、死亡的概念有多种:生理死亡(心脏停止),认知意识功能死亡(如脑死亡、植物人),思维死亡(思维观念的极端落后、陈旧,如少数日本右翼政客仍迷恋二次世界大战前日本军国主义称霸东南亚),道德伦理理念死亡(如伦理道德违背人伦,凶残伤害他人供自己享受);对不同的死亡状态有不同的社会对待方法,并在不断变化中,因此这也是仍有待研究的复杂问题。在“多活性代理”方法体系中,“活性”也将是个值得不断研究的复杂性问题,总体而言是指在复杂环境中保持信息系统功能的活力,现暂时设想“活性”的一些具体否定形态如下:

- 整个系统设定的基本理念无生命力——类似思维死亡;
- 整个系统的“功能”严重丧失、甚至全部丧失——类似植物人;
- 某“代理”的行为(或将发生的行为)危及全系统的功能,则认定该“代理”活性丧失——类似某器官病变影响全身;
- 某“代理”生存、发挥作用的前提条件、协调机理、运作准则失效——类似某器官的控制神经失灵,等价于某代理失效丧失活力;
- 某“代理”的运作行为(或将发生的行为)危及本代理的基本设定、功能的正常发挥等等——类似某器官丧失功能;
- 某“代理”的运作行为(或将发生的行为)危及其他代理的主要活性功能者,则认为发生转移性活性丧失。

3 “多活性代理”与系统理论之间的延续及应用推动

基于“活性代理”方法在复杂信息系统研究的重要应用方向有:争取以较高成功概率研发新型复杂信息系统,尽力延长复杂信息系统的生命周期,信息系统在使用期尽力避免重大负面效应(如严重

的安全问题等)。“多活性代理”借助系统理论的思想,对系统理论中关于复杂信息系统起重要作用的基础原理加以利用,并蕴含于方法中加以具体化,

同时为应用基础层、应用层的实际问题研究提供方法。表 1 运用对比的方法说明系统理论和多活性代理方法的相互关系及各自特点。

表 1 现有系统理论与多活性代理方法的关系比较

Table 1 The relationship between the existing system theories and MLAM

	耗散自组织系统理论领域	多活性代理方法
系统整体动态有机特征的表述	开放耗散自组织结构必定宏观动态有序 熵不能无限增加的耗散理论 远离平衡态才有可能产生新结构序	多活性代理组成系统(系统也可用代理来表征) 代理之间的协商准则及结果代表自组织机理 代理的活性生存条件代表环境约束条件,当生存条件发生质的变化,系统自组织机能将发生变化
系统本身进化及融入社会共同进化	系统通过涨落达到新的动态有序 大小宇宙共同进化 进化机制的进化	多代理间协商、新协商结果代表局部功能发展,“活性”设置条件的发展变化以及新增加协商协调机理代表较大的发展,多活性代理的总体布局结构变化代表系统重要发展利用某些已有“代理”单元,可重新构建代理系统表征,重新研发新系统(以上工作可在计算机上模拟仿真)
系统自组织机理破坏严重者使系统退出社会	没有专门的描述,只是蕴含在“通过涨落达到新的有序”、系统的熵不断增加、“大小宇宙共同进化”等原理中 钱学森教授开放复杂巨系统概念及定性与定量相结合方法,提供了一种方法论框架。	整个系统活性的丧失代表功能丧失、系统内某些活性代理受损,代表部分功能受损或预示某些功能将发生问题。多活性代理间协商结果异同代表自组织机理出现异常。协商模型中设置异常处理模式,人工介入干预模式代表自组织机理的某些修复机理及人机结合机理在建构多活性代理模型以及体系结构时已将人的介入以及定性与定量相结合方法融入“活性代理”的系统中。

4 主要研究内容

复杂信息系统构建的多活性代理方法可衔接应用基础层和应用层的研究,并为实际问题的处理提供了一种方法,同时在从应用目标方面来看,多活

性代理研究的复杂性不可避免地决定了其研究内容具有领域性(非单课题)、开放交叉性、探索不成熟性等众多未知困难因素,但对复杂信息系统领域性研究工作发展值得努力一试,在现有基础上笔者认为应该逐步开展的研究工作如表 2 所示。

表 2 多活性代理方法的主要研究内容

Table 2 The research scopes of MLAM

基础层	基于上述概念的各种“活性”表征研究;活性代理形成自组织功能研究;活性代理的生存及功能发挥研究	
系统层	在融合强约束条件、强挑战环境,形成多活性代理的建构研究;多活性代理组成复杂信息系统的自组织功能研究;多活性代理系统运行中的矛盾冲突研究(含“进出”机理)	
应用层	运行行为剖面	多活性代理通信语言研究;活性代理信息获取及行为形成研究;多活性代理间协商模型研究;多活性代理间拓扑结构、组成研究。注:在已有多代理研究基础上增加活性因素加以研究
	工具及研发规范剖面	复杂信息系统的涉及规范,框架构建研究;特定领域内的专用软件研究等

5 示意举例

为了更好地说明如何构建基于多活性代理方法的复杂信息系统,给出了两个应用多活性代理方法处理复杂信息系统的例子。

例 1 基于多活性代理的重症病人高级生命保持系统 由于重症病人自身的特点,为了要保持重症病人的生命延续和恢复健康,系统必须时刻检测病人的各项生命指标和随时采取有效的诊疗和措施,从系统的观点来看,这是一个复杂的信息系统

兼有辅助决策功能并关联到医生的进一步高级决策问题。在这个复杂的信息系统中,“活性”的顶层含义就可以理解为全力保持病人生命,使病人恢复健康。同时“活性”也代表着在发现问题时,治疗建议和治疗措施的及时性和有效性。“多活性”就代表着在这个重症病人的复杂信息系统中各个检测代理(如血液循环代理、呼吸系统代理以及各个分代理)之间的功能发挥和协调。基于以上分析,图 1 给出了一个重症病人高级生命保持多活性代理的系统结构框图。同时,在各个“活性代理”的构建

之下，还可以再分成各个子代理，这样可多层次分解，直到实现层的具体软件代理！

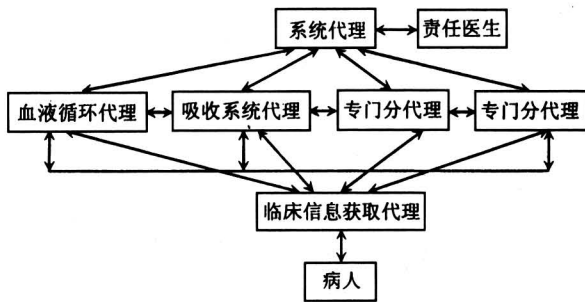


图 1 重症病人的高级生命保持多活性代理系统
Fig.1 The multi-living agent (MLA) system for severely sick person to preserve life in high-level

例 2 复杂信息系统以分功能组成活性代理的框架图 图 2 从复杂信息系统的各个功能构成剖面给出了基于活性代理方法的结构框图。从该结构构成框架图可以看出，在由各个子功能代理构成的复杂信息系统中，多活性代理系统是由功能活性代理组成的。

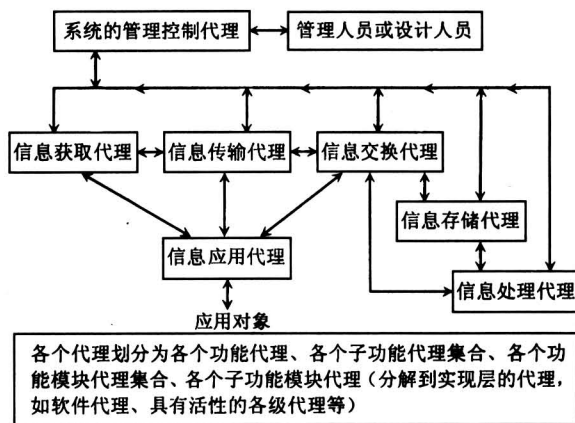


图 2 复杂信息系统的多活性代理框架图
Fig.2 The multi-living-agent framework of complex information system

在这个意义上多活性代理的“活性”就代表着系统的各个组成模块功能的正常发挥和尽力延长其发挥功能的周期，而多活性代理则代表着各个功能模块之间的协调以及保持系统功能的形成和“活性”的发挥。同时，也注意到在各个功能代理的基础上又可以把这些功能代理进一步地分解成更小子功能代理，这样可以多层分解下去，直到可以能具体实现的活性代理单元（如软件代理等）。

6 结论

复杂系统的研究一直是系统科学和复杂性科学领域的重要研究领域。笔者认为，“活性代理”方法是可以用来对一定条件下的复杂信息系统进行研究的重要手段，具有光明的前途。它在顶层上由系统理论研究提供方法论依据，又为应用基础研究提供了思想和指导，是衔接与应用基础层和应用层的一种有效手段，是一种值得研究的复杂信息系统处理方法和理论。目前，应进行基于“活性代理”的复杂信息系统的基本理论研究，以期将这些方法应用在强约束、强对抗环境下构建安全的多活性代理信息系统，为国防现代化及广大的用户需求提供更好的信息服务，解决对抗环境下信息系统的发挥复杂功能问题，开辟系统科学在信息领域的新研究方向。希望“多活性代理”方法的提出可以激发更多学科的人士加入到多活性代理这个充满挑战与前景的领域，为我国的复杂系统理论与信息安全对抗贡献力量。

参考文献

- [1] Holland J H. 隐秩序：适应性造就复杂性 [M]. 周晓牧，韩晖译. 上海：上海科技出版社，2001. 1~25
- [2] 普里高津，斯唐热. 从混沌到有序 [M]. 上海：上海译文出版社，2005
- [3] 赫尔曼·哈肯. 协同学：大自然构成的奥秘 [M]. 凌复华译. 上海：上海译文出版社，2005
- [4] 埃里克·詹奇. 自组织宇宙观 [M]. 北京：中国社会科学出版社，1992
- [5] 钱学森，戴汝为，于景元. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法 [J]. 自然杂志，1990, 13 (1): 3~10
- [6] 戴汝为. 开展“系统复杂性”研究任重而道远 [J]. 复杂系统与复杂性科学，2004, 1(3): 1~3
- [7] 王越，罗森林. 信息系统及安全对抗理论 [M]. 北京：北京理工大学出版社，2005
- [8] 陈禹. 复杂性研究的新动向——基于主体的建模方法及其启迪 [J]. 系统辩证学学报，2003, 11(1): 43~50
- [9] 廖守亿，戴金海. 复杂适应系统及基于 Agent 的建模与仿真方法 [J]. 系统仿真学报，2004, 16(1): 113~117
- [10] 范玉顺，曹军威编著. 多代理系统理论、方法与应用 [M]. 北京：清华大学出版社，2002

(下转第 57 页)

Research on Process Reconfiguration With DSM in Collaborative Design

Xu Luning^{1,2}, Zhang Heming¹, Zhang Yongkang²

(1. *National CIMS Engineering Research Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China;*

2. *School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China*)

[**Abstract**] Design structure matrix is applied to the collaborative design process for complex products. The recognition problem of coupling activities in DSM can be solved by graph theory knowledge. And a method for reconfiguration of DSM blocking is presented according to the principles. Then, reengineering for a design process is proposed by decomposing and tearing the blocked activities to shorten the cycle of design and reduce the cost of development. Finally, a case, the aircraft design process reconfiguration with DSM, is presented.

[**Key words**] DSM (design structure matrix); process reconfiguration; coupling; tearing

(cont. from p.32)

A Novel Method of Constructing Complex Information System ——Multi-living Agent Method

Wang Yue

(*Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China*)

[**Abstract**] Based on the system theories, this paper discusses the characteristics of complex information system under the strong restraint and strong antagonism conditions and proposes a novel method of constructing complex information system, i. e. multi-living agent method (MLAM). Then, the relationship and the difference between the fundamental meaning of MLAM and the existing system theories are studied. Finally, the research scopes of MLAM are outlined and two examples are given to illustrate this method. It is hoped that the proposal of MLAM can help develop a new research field and more people devote to this field.

[**Key words**] multi-living agent; complex information system; system theory