

基于 Agent 的团队知识系统计算实验及其应用^①

李 博, 党延忠

(大连理工大学 系统工程研究所, 大连 116024)

摘 要: 团队如何利用自身现有的知识, 促进成员之间的知识交流, 对于团队能否完成任务并提高竞争力至关重要. 从知识管理角度依据复杂自适应系统的相关理论对团队知识系统进行建模, 包括团队中个体 Agent 的属性、行为以及相互之间的交互规则等, 并定义了系统的环境和输入输出. 在此基础上, 结合计算实验理论分析了一个关于团队外部控制条件对团队绩效影响的实例, 验证了团队知识系统计算实验的可行性并探讨了其对管理实践的意义.

关键词: 团队; 知识管理; 计算实验; Agent

Team Knowledge System Computational Experiment and its Application Based on Agent

LI Bo, DANG Yan-Zhong

(Institute of Systems Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: How to use existing knowledge to promote knowledge communication among team members is critical for a team to complete tasks and improve its core competitiveness. This study builds a model of team knowledge system based on related theories of CAS (Complex Adaptive System) from knowledge management perspective. The model includes attributes, actions and interaction rules of individual agent. The system environment, inputs and outputs are also defined in this study. Then based on the main ideas of computational experiments, this study analyzes a case that how external control influences team performance and verifies the feasibility of computational experiments of team knowledge systems. The managerial implications are discussed at last.

Key words: team; knowledge management; computational experiment; agent

进入知识经济时代, 知识成为一种关键性的稀缺资源; 知识密集型企业中有很多未被利用的知识, 从而影响到企业核心竞争力的形成^[1,2]. 这一方面源于当今技术知识的多元化和复杂化, 不可能一次性短时间给员工进行全方位的培训, 而是需要成员在知识互动中“干中学”; 另一方面也由于知识管理的缺失, 造成很多知识不能被及时发现和有效利用. 因此对组织、团队进行知识管理就显得尤为重要. 理论界已经投入大量的研究来探索与知识相关的一系列问题, 但对知识管理进行研究并没有得到一致的结论, 反而使得知识管理理论趋于多元化、复杂化.

知识的分类有多重视角. 从显性知识和隐性知识

的角度来看, 企业组织中的隐性知识远多于显性知识, 而人与人之间的交流可以在某种程度上促进隐性知识的交流. 同时, 根据 OECD 对知识的划分, “know-who”这种“知道是谁的知识”^[3]一方面减轻了成员的负担, 利于专长的形成, 另一方面促进了知识的有效交流. 本文主要的研究对象是团队中的基于 know-who 网络促成的以隐性知识为主的知识交流.

针对知识这种特殊资源进行管理具有特殊性. 一般来说, 知识管理的过程包括^[4]: 知识获取、知识整合、知识共享和知识创造. 本文聚焦于知识获取和知识共享这两个阶段的团队内部知识互动过程. 从工作本身引发的内在动机和需求导向的外在动机^[5]角度来

^① 基金项目:国家自然科学基金(71031002)

收稿时间:2014-03-25;收到修改稿时间:2014-04-22

看,知识共享的动机主要包括:经济动机、人际互惠动机、自我价值动机和利他动机等^[4]。这为管理者提供了一系列知识管理方法。

团队是一种高效、扁平的组织形式,并广泛存在于当今的企业中。区别于群体,团队成员之间具有一致的目标和广泛而复杂的网络化联系。可以将团队知识系统视为复杂自适应系统,针对这一“系统的系统”^[6],需要利用系统思想来研究,使其涌现出“整体大于部分之和”的良好功效。但国内学者对团队层面的知识管理研究却相对较少^[7]。

随着计算组织理论^[8]的发展和成熟,为知识管理的研究提供了新的视角。本文根据知识管理理论、组织行为理论和复杂自适应系统等理论,通过基于异质性 Agent 的自底向上建模方法及计算实验的相关工具,来动态地研究团队的知识互动过程,并给出针对性的合理化建议,用于建设高效知识型团队,意在提升知识管理的实践。

1 知识管理的Agent研究方法

知识管理的相关研究有其独到的角度。如何动态地展现团队知识系统的组建、建设和演化的全过程,是一个复杂的问题。首先需要根据现实世界中的团队抽象出其逻辑模型并建模,再进行系统计算实验平台的设计。

1.1 团队知识管理及其复杂性

知识主体和知识等要素构成了组织知识系统的超网络模型^[9],传统的理论和方法难以动态展现团队中知识主体间的互动过程。这主要表现在以下 3 个方面:

① 团队成员的异质性、复杂性

从泰勒开始的“经济人”、梅奥的“社会人”、马斯洛的“自我实现人”、沙因的“复杂人”到西蒙的“决策人”等假设^[10],可以看出人的个体行为是十分复杂的。每个人都具有自己的特质和属性,并且其中的一些还会随着团队知识互动过程发生转变。

② 团队成员交互过程的随机性

团队成员进行知识交互,形成知识的需求方和供给方。这种选择是由知识的需求方发起的,同时,知识的供给方也会根据知识需求方所发来的信息做进一步判断来决定是否给予对方知识。这些过程之中都蕴含着一些随机性。即使大部分的行为都与自身经历有关,初始的连接也可能是由于随机行为造成的。

③ 知识互动过程产生的多层次复杂网络

团队之所以成为团队,是因为其成员具有群体所不具有的诸如共同目标、情感纽带等一系列联系。团队成员之间的知识互动过程不仅会产生由于知识交流而产生的知识交互网络和交互记忆系统,同时也会产生由认知信任网络和情感信任网络等多种彼此重叠交叉而成的超网络。对于这些网络的研究可以采用或借鉴复杂网络(Complex Network)的相关理论。

1.2 Agent 理论与方法

研究知识管理的方法以及角度有很多种。包括基于 Agent 的,以及非基于 Agent 的^[11],比如系统动力学、实证研究等。鉴于组织、团队知识系统的复杂性,传统的研究手段难以展现其动态全貌。而复杂自适应系统等理论和相关工具的成熟和发展则提供了以复杂视角来研究复杂性的手段。

根据复杂自适应系统(CAS, Complex Adaptive System)理论,“适应性造就复杂性”,团队中的个体具有自适应的特征。他们会根据自身的状态以及感知到的环境来进行判断并产生相应的动作,并不断修改自身的属性和经验,从而更好地适应环境。采用 Agent 来代表团队中的成员,抽象出 Agent 的属性和交互行为,进行“自底向上”(bottom-up)的建模与仿真,就可以自动涌现出团队整体,经计算实验可以得到用来指导知识管理实践的结论。

本文认为人际知识网络中的个体是智能型 Agent。这不仅体现在其学习和适应机制上,也体现在其所具有的情感上,可以说情感也是一种智能^[12]。根据心理学公认的“知、情、意”三分法,人的心理分为认知(智力)、情感(情绪)、需求(意志)3 个基本要素^[13]。其中“意”包含 Agent 的需求、行动意愿和目标。

2 团队知识系统建模

根据“自底向上”的建模方法,只需要设计 Agent 的属性和交互过程即可。作为整体的涌现特性则由平台自动运行产生。这为集中精力研究 Agent 自身特性,从而实现团队互动过程的自动化涌现提供了保障。

2.1 成员 Agent

成员 Agent 代表真实团队中的一个个体(人,或称为行动者)。作为知识型团队中的个体,Agent 的异质性不仅源于其自身属性的差异,更源于其关于他人记忆的差异以及自身采取的行动策略以及策略变换规则的

不同。

① 关于自身基本属性

社会属性包括职位、所处社会网络的结构位置等。是对一个 Agent 的社会层面属性的综合度量。心理属性主要基于九型人格理论，将个体赋予九种人格中的一种。不同的人格组合下，知识交流的效果会受到不同程度的影响。知识水平则包括了个体每个知识维度下的知识量。知识水平的高低直接关系到个体解决问题的能力。

② 关于他人的认知

包括关于他人基本属性的记忆，以及交互过程中产生的关于他人的认知信任和情感信任等。认知信任的产生主要源于对他人基本属性的认知，而本文中所指的情感信任主要源于知识交流。

③ Agent 的行为

UML(Unified Modeling Language)中的状态图可以描述动态特征^[4]，并且符合 CAS 理论对自适应主体建模规范的要求。整体上 Agent 的状态图可以依次分为如下几个基本状态及转移规则：

Agent 首先接受分配到的子任务；然后进行知识需求检验，根据知识缺口的大小来选择任务完成策略以及所要获取的知识；接下来是对交流对象的选择，根据与交流对象的互动来进行相互认知并产生认知信任；如果认知信任足够，就根据之前的任务完成策略

来尝试进行知识交流；交流结束后，还有交流结果评价环节等，这又会影响到下一步的交流。这些都是对于作为知识需求者一方所进行的描述。与之对应，作为知识的供给者(知识需求者的交流对象)，可根据自身的繁忙程度或是知识需求者的重要程度、紧急程度来做出判断，从而参与知识交流过程或者是拒绝。

每个行为都包含一定的流程和判断规则，而这些流程和规则之间还存在复杂的多种相互影响。可以说，正是许多次重复和迭代的反馈组成了 Agent 的(再)认知机制，使其可以进行学习和不断调整自身来适应环境。

举例来说，如图 1 所示，任务完成策略包括至少如下 3 种情况：自学(适用于任务与自身知识差值较小的情况)、知识交流和任务内包(在团队氛围和机制允许的情况下)。完成策略的判断依据是自身知识量与任务所需知识量的差值，差值在很小的范围内可以通过自学完成，如果差值很大则进行内包，差值适中的情况可以进行知识交流，通过向他人学习知识获得。如果任务完成策略选择的是知识交流，那么，又会触发其内部嵌套的交流对象选择这一过程，对交流对象的选择可以参考其对交流对象的认知信任和情感信任等方面来进行。并且还要在知识交换策略的多种可能中甄选出当前最适合自身的一种，包括了以对方的情感信任来换取知识，或通过知识互惠的方式进行等。

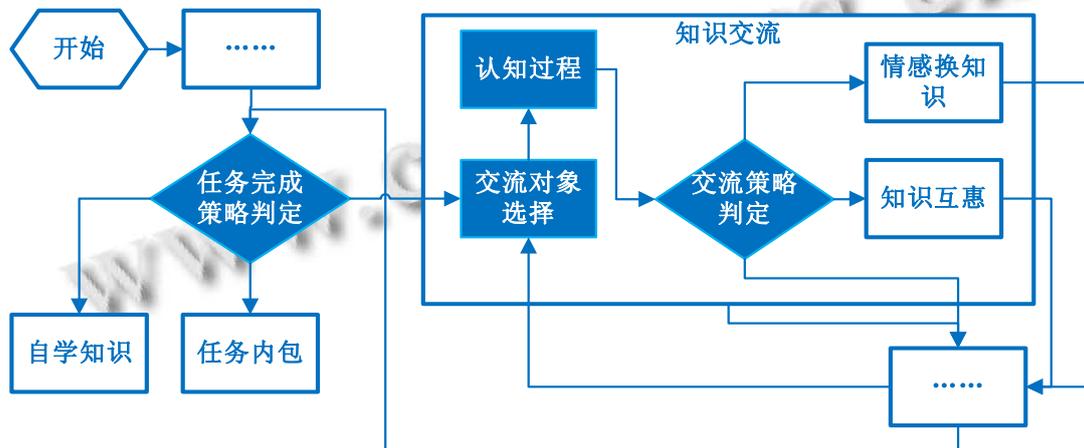


图 1 Agent 行为流程(部分)

2.2 Agent 之间的互动

在对一个 Agent 进行详细的建模之后，就可以基于二元关系理论对两个 Agent 之间的知识交互过程进行刻画，这种自发的互动主要包括如下过程和机制：

① 基于任务需求的知识交流

根据团队中 Agent 所需完成任务和自身知识差的刺激，整个团队互动过程包括了双方的认知过程和知识交换策略选择等过程，是一对个体 Agent 行为过程

的交互动态体现。

这种过程总是动态和并行的。在作为知识需求者的 Agent 对对方进行认知的同时, 知识供给者 Agent 也在交互过程中形成了关于对方的认知。如果彼此的认知信任足够, 并采取博弈的机制进行知识交流, 则更体现了互动过程的动态性和并行性。

② 消息传递机制

蕴含在进行知识交流尝试的过程之中。消息可以包括数据、信息、知识或者三者不同程度的组合。

2.3 全局接口

向用户展示整个团队。负责将每个 Agent 的状态信息汇总成整体信息(包括数值和结构), 并对全局参数进行控制。是连接用户和底层 Agent 的桥梁。根据复杂自适应系统理论, 涌现是微观个体自发形成的, 而不用一个外部全局控制。因此, 它既不能完全“指导”成员 Agent 该如何采取行动, 也不能“允许”成员 Agent 任意查看自己权限范围之外的其它成员 Agent 的数据和全局信息。

2.4 环境与输入输出

① 团队知识系统的环境

可以认为是由成员 Agent 以外的全部所构成的。包括团队的制度、氛围等。

② 系统的输入

作为具有一致目标的整体, 团队成员往往出于完成任务的需求而组织在一起。因此, 任务是本文要研究的最主要的输入之一。任务作为一个整体, 包含了众多的子任务, 这些子任务按照某种方式分配给团队中的个体。每个子任务由若干维度的知识组成, 并规定完成该子任务所需的最低知识量。

③ 系统的输出

首先是团队完成(子)任务的数量, 这是与输入直接对应的; 其余包括了诸如团队互动时长、团队效能、团队创造力等定量和定性指标。其中, 团队互动时长是指从团队初建到最后一次能够产生知识交流的有效交流的时间间隔, 即从认知的开始到知识交流结束的全过程。

3 计算实验理论与算例

3.1 计算实验理论

计算实验是以综合集成方法论为指导, 融合计算技术、复杂系统理论和演化理论等, 通过计算机再现管理活动的基本情景、微观主体之行为特征及相互关

联, 并在此基础上分析揭示管理复杂性及演化规律的一种研究方法^[15]。

通过与仿真进行比较, 可以更深刻地认识计算实验。仿真是模仿一次真实的过程, 目的是“逼真”; 而计算实验的优点就在于可以无数次地进行设计的仿真, 并探讨存在于这些仿真数据背后更一般性的结论。如果说仿真是以结果为导向的, 那么计算实验则更注重探讨变量之间的关系。

计算实验被应用在众多社会经济领域, 如电力系统、金融市场等^[15]。不同应用领域的计算实验需要与具体理论相结合。知识密集型企业与劳动密集型企业有着不同的管理方法, 金融行业和软件行业的员工有着不同的行为逻辑。理论上很难找到一种知识管理理论适合一切企业的团队。更符合实际的方法是: 针对一个团队进行深入的实地调研和数据收集, 并在计算实验平台中选择该团队的个体属性和行为特征, 然后进行针对性的计算实验, 从而结合该团队的动态知识互动过程给出合理的管理建议。

3.2 研究的问题

基于本文设计的可计算团队知识系统模型, 接下来结合计算实验理论给出一个具有针对性的计算实例。

此计算实验的研究问题是: 着重探讨团队外部控制条件对团队的影响。控制包括内部环境层面的两种制度: 初始任务的分配(任务分配的机制)、任务是否可以内包(指任务是否可以在团队内部交由他人完成的制度)。而影响采用团队互动时长和团队任务完成总量来度量。进行计算实验, 并借此给予团队领导或者负责人针对性的管理建议。

3.3 实验条件

为了实现研究目的, 假设一个需要进行知识管理咨询的 A 团队提出进行针对性的计算实验。接下来则可通过实地访谈或者调查问卷等形式收集整个团队与知识管理过程相关的各种数据, 并依此将实验条件(部分)设置为如表 1 所示的情形。在这里需要指出的是, 根据实际情况, 团队成员彼此间的交流顺序是不可控的。

表 1 实验条件设置表

内容	值/选项
Agent 数量(给定团队 A)	10
团队知识维度(给定团队 A)	20
社会属性极差(给定团队 A)	4

人格属性判断(给定团队A)	九型人格-匹配
交流形式(给定团队A)	互惠
子任务数量(系统的输入)	15
任务完成策略(因素1)	子任务是否可以内包
子任务分配方案(因素2)	15种子任务随机分配
输出1(因变量)	团队互动时长
输出2(因变量)	团队完成任务的数量

表 2 互动时长的方差分析结果

Dependent Variable: 互动时长

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	286788.160 ^a	19	15094.114	1.207	.274
Intercept	852298.240	1	852298.240	68.14	.000
是否内包	2171.560	1	2171.560	.174	.678
初始分配	180895.360	9	20099.484	1.607	.127
是否内包 * 初始分配	103721.240	9	11524.582	.921	.511
Error	1000617.600	80	12507.720		
Total	2139704.000	100			
Corrected Total	1287405.760	99			

a. R Squared = .223 (Adjusted R Squared = .038)

表 3 任务完成量的方差分析结果

Dependent Variable: 任务完成量

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	261.240 ^a	19	13.749	5.511	.000
Intercept	5685.160	1	5685.160	2278.62	.000
是否内包	.360	1	.360	.144	.705
初始分配	240.840	9	26.760	10.725	.000
是否内包 * 初始分配	20.040	9	2.227	.892	.536
Error	199.600	80	2.495		
Total	6146.000	100			
Corrected Total	460.840	99			

a. R Squared = .567 (Adjusted R Squared = .464)

3.4 实验结果与数据

以 10 种不同的任务初始分配方案和任务内包与否的两种情况组成 20 种因素的组合. 为了排除不可控的团队内成员彼此之间的交流顺序带来的影响, 对每种组合采取 5 次重复实验. 计算实验经过 100 次运行得到了不同子任务分配方案和任务是否可以内包的情况下团队的两个输出指标的数值结果. 收集数据并绘制图形如图 2(针对任务完成量)所示.

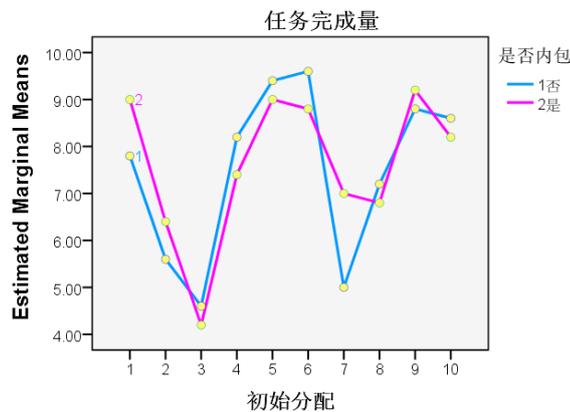


图 2 任务完成量均值图

可以从图 2 中直观地观察到, 任务是否内包对于任务的完成量没有一致的很明显的影 响, 而不同任务分配方案下完成任务量的差异很明显.

3.5 结果分析与结论

使用 SPSS 软件进行方差分析, 来确定哪些因素的影响是显著的. 得到结果如表 2、表 3 所示.

从结果中可以看到, 从对互动时长作为因变量的检验结果来看, 结果都不显著(均大于 0.05); 而针对表 3, 只有不同的任务初始分配会对任务的完成量造成显著的影响(小于 0.05). 将检验结果总结如下(针对 A 团队, 在无法控制团队成员交流顺序的前提下):

① 任务是否可以内包, 以及任务初始分配的不同是不能显著改变团队互动总时长的;

② 任务是否可以内包不能显著影响任务的完成, 但是不同的任务初始分配对任务完成的总量具有显著影响. 并且不存在显著的交互作用.

结论: 针对给定的 A 团队, 在无法控制团队成员互动的顺序情况下, 对于团队的管理者来说, 应该将主要的精力放在任务的分配机制上, 而不必过分干预团队内的任务是否可以内包(即任务由谁来完成).

针对团队 A, 还可以进一步研究任务复杂度和任务知识需求与成员知识结构间不同组合的具体关系.

3.6 对结论的分析

针对团队 A 的计算实验结果是微观个体属性及行为涌现所产生的定量结果, 其中蕴含着深刻而复杂的层次化机制, 下面从定性角度进行简要分析. 分析任务初始分配对任务完成总量的影响, 认知信任网络的结构在其中起着重要作用. 由对他人基本属性的认知形成的认知网络, 决定了知识交流的效果, 如果较难完成的任务分配给在认知网络中难以与他人交流的个体 Agent, 则会影响团队的整体绩效. 当然, 个体知识结构也会造成初始任务分配带来的绩效不同. 另一方面, 知识水平在团队内的分布不均既促进知识交流,

同时也会由于“优势方”的存在导致在“互惠”条件下形成交流阻力,是否内包就可能因为后者作用更大而对结果没有显著的影响。最后,相同因素组合的 5 次实验可能产生不同的结果,说明交流顺序的不同也会通过层层机制的传导影响团队绩效。

值得注意的是,如果将团队 A 换成团队 B,就可能得不出之前的结论了。假设团队 B 中的个体基本属性的差异性足够微小,则不同的任务分配就很难造成对任务完成数量的显著影响了。

本计算实验平台还可以应用于团队组建过程中的人员选择和对团队运行的诊断等多个方面。

4 结语

由多层次的交互网络交织而成的团队知识系统是一个复杂自适应系统,这需要以新的视角加以研究。企业、组织或者团队中的基本单元是智能的、主动的个体,他们依据自身的内在属性状态和所感知到的环境进行决策和行动,并不断学习以改进自身,同时交流之后还会产生信任与情感等更为感性的联系。因此,用复杂视角来看待复杂性,以系统涌现角度来理解复杂性十分必要。可以认为,知识管理的意义在于,在尽可能多的确定一些因素和机制的基础上,集中研究其它因素对团队知识过程的影响。因此,进行针对性的建模和计算实验更符合实际。

总结来看,全文的思路可以概括为:综合知识管理理论、组织行为理论和复杂自适应系统理论,抽象出团队知识系统的本质,并利用 Agent 技术对其进行建模,通过计算实验在计算机中展示的“人工团队”来对现实中的团队进行针对性的知识管理。

本文在这里对团队知识系统的计算实验进行了初步的探索,并融入了诸如情感等智能因素和策略评价等智能流程。管理本身就具有复杂性、不确定性,很难有一种通用的管理理论适合于任何企业中所有团队的任何过程,有些时候,管理甚至只能换做“干预”。只有针对目标企业、团队进行深入的研究,并将其理解透彻后进行计算实验,才能提出实用、适用的方法与结论,并付诸管理实践。

参考文献

- 1 Brydon M, Vining AR. Understanding the failure of internal knowledge markets: A framework for diagnosis and improvement. *Information & Management*, 2006, 43(8): 964-974.
- 2 刘志成,陈江,吴能全.组织内知识市场有效性的结构与测量. *科研管理*,2012,33(12):126-134.
- 3 刘植惠.知识经济中知识的界定和分类及其对情报科学的影响. *情报学报*,2000,19(2):104-109.
- 4 廖清.企业内部研发团队知识共享激励机制研究[硕士学位论文].重庆:重庆大学,2013.
- 5 Minbaeva DB. HRM practices affecting extrinsic and intrinsic motivation of knowledge receivers and their effect on intra-MNC knowledge transfer. *International Business Review*, 2008, 17(6): 703-713.
- 6 王众托.知识系统工程与现代科学技术体系. *上海理工大学学报*,2011,33(6):613-631.
- 7 刘咏梅,王琦,彭连刚.中国知识管理研究现状综述与趋势分析. *研究与发展管理*,2009,21(2):31-38.
- 8 张江,李学伟.人工社会—基于 Agent 的社会学仿真. *系统工程*,2005,23(1):13-20.
- 9 席运江,党延忠,廖开际.组织知识系统的知识超网络模型及应用. *管理科学学报*,2009,12(3):12-21.
- 10 吴平.知识团队的激励机制研究[硕士学位论文].武汉:武汉理工大学,2004.
- 11 Peinl R, Maier R. SimKnowledge—Analyzing impact of knowledge management measures on team organizations with multi agent-based simulation. *Information Systems Frontiers*, 2011, 13(5): 621-636.
- 12 江道平,班晓娟,尹怡欣,石为人.情感理论及基于情感的决策理论与模型研究. *计算机科学*,2007,34(4):154-157.
- 13 浦江.基于二元心理的多层次需求-认知-情感计算模型研究. *徐州工程学院学报(自然科学版)*,2013,28(4):50-56.
- 14 施庆平.基于 UML 医院病房监护系统的分析与设计. *计算机系统应用*,2007,(2):61-63.
- 15 盛昭瀚,张维.管理科学研究中的计算实验方法. *管理科学学报*,2011,14(5):1-10.