

基于 Netlogo 的高校保密项目管理仿真与分析

李 艳, 吴介军, 平 原, 寇晓东, 韩志兵

(西北工业大学 自动化学院, 陕西 西安 710072)

摘 要: 基于复杂适应系统理论的多主体建模方法为研究影响高校保密项目管理的风险因素提供了一种新方法。在分析高校保密项目管理系统是一类复杂适应系统的基础上, 基于多主体建模方法, 对高校保密项目管理系统中的主要对象即涉密人员、非直接涉密人员、保密管理人员和窃密人员的行为进行了建模, 开发了基于 Netlogo 的高校保密项目管理系统仿真原型, 研究了科研环境和激励对高校保密项目管理系统的影响。实验结果表明高校科研环境建设对高校保密项目管理起着非常重要的作用, 而完善的激励措施也是高校保密项目管理收到显著效果的重要条件。

关键词: 多主体; 仿真; 高校保密项目管理; Netlogo

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)04-0164-04

Netlogo-Based Simulation and Analysis of College Confidential Project Management

LI Yan, WU Jie-jun, PING Yuan, KOU Xiao-dong, HAN Zhi-bing

(School of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Agent-based simulation, a methodology based on Complex Adaptive System (CAS) theory, is considered to be a new approach to research risk of impacting college confidential project management. Applying agent-based modeling and simulation methodology, based on the analysis that college confidential project management is a complex system, construct the models for confidential staff agent, indirect confidential staff agent, confidentiality manager agent and stealing information staff agent. Applying the simulation tool-Netlogo, analyze the impacts of environment and encouragement measures on college confidential project management system. The experiment result illustrates that college research environment construction plays a very important role in college confidential project management, and perfect encouragement measures are essential for college confidential project management to achieve some benefit.

Key words: multi-agent; simulation; college confidential project management; Netlogo

0 引 言

近年来,随着复杂适应系统理论不断发展,源于人工智能领域的多主体系统(Multi-agent System, MAS)方法在社会科学研究中的应用越来越普遍^[1],成为智能仿真一个重要研究方向^[2]。MAS方法是在基于主体的模型方法基础上发展起来的一种研究方法^[3-5]。它的理论基础是涌现^[6],基本思想是:系统是由许多具有自治性的主体构成的,通过对主体之间、主体与环境之间交互关系的刻画和描述,得到整个系统的行为表现。这种建模的灵活性、层次性和直观性方面较传统的建模技术都有明显的优势,并且由于建模基本元素具有更高的主动性、自治性和智能性,能够充分利用计算机系统的并行和分布计算能力,很适合于

对诸如生态系统、经济系统以及人类组织、复杂工程系统以及军事对抗等系统的建模与仿真^[7]。

文中主要立足系统工程研究前沿及复杂系统建模与仿真的角度,采用基于多主体的研究方法对高校保密项目管理进行系统分析,并重点分析影响高校保密项目管理的因素及其之间的关系,应用数据模型描述各主体的属性和行为,进行高校保密项目管理模型系统的仿真,分析环境对高校保密项目管理的影响,以及环境和激励之间的关系。

1 高校保密项目管理模型描述

1.1 建模分析及假定

根据对高校涉密项目组实地保密检查获得的资料及保密管理工作者的经验,对建模作出分析及假定:

(1) 根据高校承担涉密项目的特点,涉密项目的完成可能还需要外协单位,但为简单起见,在此假定高校涉密项目完全由高校师生组成的课题组完成。

收稿日期: 2010-08-22; 修回日期: 2010-12-04

基金项目: 国家保密局 2009 年研究项目(N9YX0001)

作者简介: 李 艳(1985-),女,硕士研究生,研究方向为管理系统工程; 吴介军,教授,研究方向为知识工程、管理系统工程。

(2) 环境包含涉密项目所处的场地、所使用的设备等物理环境,以及网络环境、保密制度体系、保密组织体系等软环境。

(3) 假定涉密人员的知情度确定不变;当涉密人员的保密综合值较低时,有可能发生泄密;但因涉密人员知情度不同,泄密程度不同。

(4) 假定涉密人员的经济收入获取来源只和项目有关,不包括其他收入。

(5) 假定同一人员不能同时具有涉密项目科研人员与保密管理人员双重身份。

(6) 假定非直接涉密人员、保密管理人员的知情度均为零,且保密管理人员不会受到窃密人员诱惑。

(7) 假定涉密信息随人流转,非直接涉密者之间无信息流动,涉密人员的涉密信息随其知情度逐级递减,涉密人员与保密管理人员之间无信息交互,窃密人员不能进入涉密区。

1.2 主体

基于上述分析及假定,并根据 Wooldridge 和 Jennings 对主体提出的“弱定义”和“强定义”^[8-10],文中选取了四大类主体,涉密人员主体、非直接涉密人员主体、保密管理人员主体和窃密人员主体。

(1) 涉密人员主体 (Confidential Staff Agent, CSA)。

涉密人员属性:涉密人员数量、保密知识量、保密素质、经济收入、知情度、保密意识。

涉密人员数量 (N_{CSA}): 设定涉密人员数量 $N_{CSA} = 13$ 人,其中负责人 1 名,2 名骨干,10 名一般人员。

保密知识量 (K_{CSA}):

$$K_{CSA}^t = K_{CSA}^{t-1} + (h - K_{CSA}^{t-1}) * i \quad (1)$$

K_{CSA}^t 表示当前保密知识量, h 表示最大知识量, i 表示随着知识量的增长,其在每个仿真时部从外部获得的知識量相应减少。

保密素质 (CQ_{CSA}):

$$CQ_{CSA} = e * K_{CSA} \quad (2)$$

保密素质正比于保密知识量, e 是保密素质常数。 CQ_{CSA} 的值在 1~9 之间,超出范围按上限计算。

经济收入 (I_{CSA}):

$$I_{CSA} = Ca + Cr + Pi \quad (3)$$

其中, Ca —保密津贴, Cr —科技保密奖励, Pi —项目收入。根据实际情况设定保密津贴 100 元。涉密人员的项目收入与其承担的科研任务相关,在此认为,知情度越高,承担科研任务越多,项目收入也就越高。假定一个项目经费 60 万,项目历时一年,其中 30% 用来作为科研人员的科研费用,一般人员、项目骨干、项目负责人获得项目收入之比为:1:1:1。

知情度 (ID_{CSA}): 取值在 (0,1] 之间。

按知情度 (ID_{CSA}) 可将涉密人员分三类,如表 1。

表 1 涉密人员分类

类型	一般人员	骨干	负责人
ID_{CSA}	(0,0.3)	[0.3,0.9]	1

保密意识 (CC_{CSA}):

$$CC_{CSA} = I_{CSA} * ID_{CSA} / p \quad (4)$$

其中 p 为本地区平均经济收入设定为 2500 元,保密意识 (CC_{CSA}) 是一个与经济收入 (I_{CSA})、知情度 (ID_{CSA}) 有关的属性。

(2) 非直接涉密人员主体 (Indirect Confidential Staff Agent, ICSA)。

非直接涉密人员包括涉密人员的家属、朋友和要害部门、部位的工勤人员。所具有的属性:非涉密人员人数、保密意识、信息获取度。

非直接涉密人员数量 (N_{ICSA}):

$$N_{ICSA} = 2 * N_{CSA} \quad (5)$$

保密意识 (CC_{ICSA}) 为非涉密人员的保密意识,为涉密人员保密意识的平均值的一半,即:

$$CC_{ICSA} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{CSA}} CC_{CSA}}{2N_{CSA}} \quad (6)$$

信息获取度 (Information Access):

$$IA_t = IA_{t-1} + j * ID_{CSA} / d_i \quad (7)$$

其中, j 为信息传播系数, d_i 是主体间距离, IA_t 为当前时刻非直接涉密人员的信息获取度,且其初始值为 0。

(3) 保密管理人员主体 (Confidential Manager Agent, CMA)。

保密管理人员的属性包括管理人员规模、经济收入、业务能力、保密知识量。

保密管理人员规模 (N_{CMA}): 初始设定管理人员数量 $N_{CMA} = 5$

$$经济收入 (I_{CMA}): I_{CMA} = Bs + Ca \quad (8)$$

其中, Bs —基本工资, Ca —保密津贴。根据实际情况,设定保密津贴为 100 元,基本工资为 3000 元。

保密知识量 (K_{CMA}):

$$K_{CMA}^t = K_{CMA}^{t-1} + (h - K_{CMA}^{t-1}) * i \quad (9)$$

其中, K_{CMA}^t 表示保密管理人员当前的保密知识量, h 表示最大知识量, i 表示随着知识量的增长,其在每个仿真时部从外部获得的知識量相应减少。

业务能力 (BC_{CMA}):

$$BC_{CMA} = K_{CMA} * E \quad (10)$$

其中, E 是环境常数,取值在 0~1 之间。

(4) 窃密人员主体 (Stealing Information Staff Agent, SISA)。

窃密人员属性:窃密人员数量、窃密能力、信息掌握度。

窃密人员数量 (N_{SISA}): 初始设定窃密者数量 $N_{SISA} = 1$ 。

窃密能力 (A_{SISA}): $A_{SISA} = \text{random}(5, 10)$ 为定值。

信息掌握度:

$$P = L * ID \quad (11)$$

其中, L 为窃密率, ID 为知情度。

1.3 主体行为

高校保密项目管理模型中, 包括涉密人员的泄密行为、非直接涉密人员的泄密行为、保密管理人员的管理行为、窃密人员的窃密行为和是否被控。

1.3.1 涉密人员的泄密行为

计算涉密人员的泄密率 (L_{CSA}):

$$L_{CSA} = \frac{ID_{CSA}}{E * (CC_{CSA} + CQ_{CSA})} \quad (12)$$

其中 L_{CSA} 的范围在 0~1 之间。环境常数 E 取值在 0~1 之间。

1.3.2 非直接涉密人员的泄密行为

计算非直接涉密人员的泄密率 (L_{ICSA}):

$$L_{ICSA} = \frac{IA_{ICSA}}{E * CC_{ICSA}} \quad (13)$$

其中, E 为环境常数, 取值同上, L_{ICSA} 的范围在 0~1 之间。

1.3.3 保密管理人员的管理行为

判断是否管理到位: 当 $L_{CSA} \leq 0.1$ 且 $L_{ICSA} \leq 0.1$ 时, 认为保密管理人员管理到位, 此时不会发生泄密。

1.3.4 窃密人员的窃密行为和是否被控

(1) 计算窃密率:

窃密率指窃密人员获取涉密情报概率, 表示为:

$$L_{SISA} = A_{SISA} * L_{CSA} / E \quad (\text{窃密人员针对涉密人员实施的窃密}) \quad (14)$$

$$L_{SISA} = A_{SISA} * L_{ICSA} \quad (\text{窃密人员针对非直接涉密人员实施的窃密}) \quad (15)$$

(2) 判断是否被控: 当 $BC_{CMA} / A_{SISA} > \varepsilon$ 时, 窃密者被发现, 否则窃密者不被发现。前提是保密管理者周围 $di = 3$ 时有效。

1.4 模型运行机制

根据建模分析及假定、对各类型主体的描述, 将实现主体之间以及主体与环境之间的交互关系作为模型设计的重点, 图 1 给出了模型的整体运行机制。

2 仿真平台 Netlogo 介绍

对应 MAS 建模方法, 已经有数十个不同的多主体建模工具, 通过比较文中采用 Netlogo 仿真平台。Netlogo 由美国西北大学连接学习与计算机建模中心 (CCL) 开发, 是一个多主体建模仿真集成环境, 特别适合对随时间演化的复杂系统进行建模仿真^[11,12]。

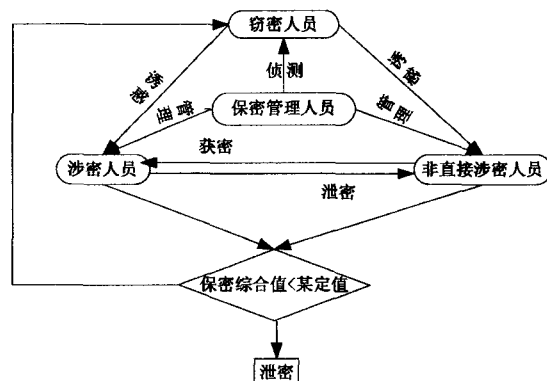


图 1 模型运行机制

3 高校保密项目管理仿真与分析

根据情景仿真的有关要求, 为使建立的模型及仿真程序能够顺利应用, 首先需对该模型系统进行多次试验性的仿真运行, 以得到模型参数的合理取值。为此, 作者对模型系统及仿真程序进行了多次试验运行, 并以实地调研经验等为依据, 对程序反复运行修改和调试, 最终得到了相关参数的较为满意的合理取值 (见表 2)。

表 2 模型仿真运行参数及取值

参数	h	i	e	j	ε	di
取值	9	0.001	0.1	0.1	1	1

3.1 仿真实验 1: 高校保密项目管理中的环境因素

科研环境的保密工作是高校科研保密工作的重要组成部分, 是衡量高校科研质量和管理水平的重要标志。从事科研项目的活动场所、设备装置、原材料等环境要素具体承载了技术的核心内容, 直观、具体地反映了技术应用、实施过程。因此, 探讨环境对高校保密项目管理的影响, 是非常重要的问题。

仿真实验 1 中, 在保持涉密人员数为 13 人, 非直接涉密人员数为 26 人, 保密管理人员数为 5 人, 窃密人员为 1 人, Cr 为 0, 以及其他基本仿真参数不变的情况下, 调节环境常数 E 依次由 0.1 增加到 1 时, 模型运行 12000 步绘制的涉密人员的各主体的泄密率曲线见图 2。从图 2 中可以看出随着 E 增大, 各主体泄密率逐渐降低, 由曲线得出:

(1) 环境投入必须达到一定程度, 才能将泄密率控制在一定的数值下; 且当环境投入继续增大时, 各主体泄密率不断降低, 即管理效果越来越好; 但若环境投入无限制加大, 势必加大成本, 造成浪费。

(2) 当 $E = 0.55$ 时, 涉密人员主体的泄密率均小于 0.1, 说明 $E = 0.55$ 的环境就能有效防止涉密人员泄密, 非涉密人员在 $E = 0.75$ 时小于 0.1, 说明只有 $E = 0.75$ 时才能有效防止非涉密人员主体泄密, 且非涉密

人员对环境的要求比涉密人员高。

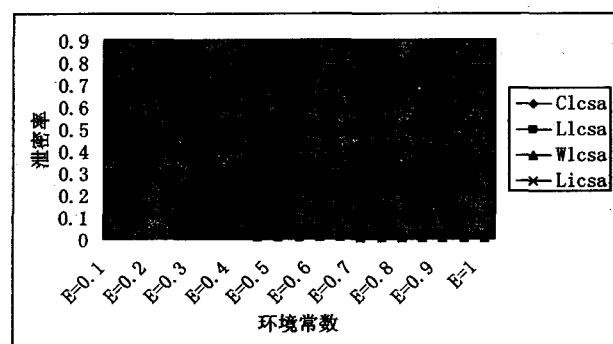


图2 不同环境条件对泄密率的影响

3.2 仿真实验2:高校保密项目管理中环境与激励的关系

为避免泄密事件发生,高校每年都会为科研环境投入大量经费,但却容易忽略对涉密人员的经济激励,使得涉密人员保密意识不强。如何合理配置科研环境投入的经费与涉密人员的经济激励,也成为高校保密项目管理中一个亟需解决的问题。

仿真实验2中,在保持涉密人员数为13人,非直接涉密人员数为26人,保密管理人员数为5人,窃密人员为1人,以及其他基本仿真参数不变的情况下,调节Cr,使得环境常数E依次由0.5增加到1时,均达到管理到位状态。

经过多次实验得到以下E与Cr的配置关系。

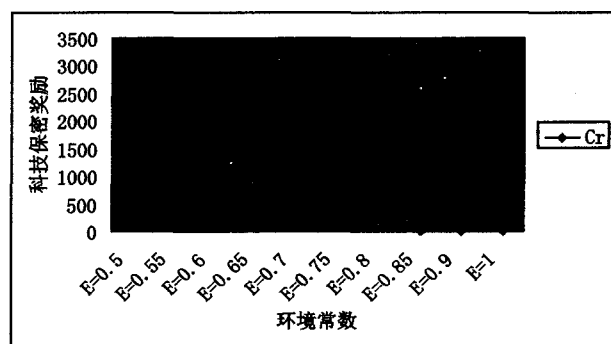


图3 环境与科技保密奖励关系

从图3中可以看出环境常数E由0.5增长到1时,Cr不断减小,最终降至0。一方面,环境越好,所需要的科技保密奖励越少,也就是说环境的不断改善,无需增发科技保密奖励,便可以有效地防止泄密;另一方面,环境条件的改善,需要投入大量资金,而给予涉密人员一定经济奖励有利于其提高保密意识。因此,高校保密管理人员应该结合高校实际情况,不能一味地加大投入科研环境经费,科技保密激励也不可或缺。

4 结束语

借助复杂适应系统模拟工具 Netlogo 软件对高校保密项目管理系统进行模拟仿真,可以具体分析科研

环境和激励对高校保密项目管理系统的影响。研究结果表明:

(1)高校保密项目管理系统是一个复杂系统,基于多主体系统的建模和仿真技术可以给高校保密项目管理的各风险因素的重要程度、因素间的关系等研究难点提供较好的解决方案。

(2)结合实际,科研机构的环境水平均在0.5以上,而从0.5到0.7之间,为保密而付出的科技保密奖励数额巨大不符合最小成本原则,且考虑到高校保密工作的特点:大量学生参与研究,其毕业后造成人员大量流动。因此,加强科研环境建设应该成为保密部门的主要工作。

(3)环境建设需时长且投入较大,仅靠提高科研环境条件降低泄密率不容易实现;且给予涉密人员一定经济奖励可提高其工作的积极性,所以科技保密奖励也必不可少。因此,高校保密管理人员应该全面衡量改善环境所需费用和科技保密奖励的合理配置,要充分考虑改善环境条件所需的费用和投入科技保密奖励的费用为多少时最经济、最合理。

参考文献:

- [1] Garcia R. Uses of Agent-Based Modeling in Innovation/ New Product[J]. Prod Innov Manag, 2005, 22: 380-398.
- [2] 郭 锦. 基于多智能体的植被空间格局动态模拟[D]. 北京:北京林业大学, 2009.
- [3] 林 波, 薛惠锋, 蔡 琳. 城市空间演化 MAS 建模[J]. 微计算机应用, 2007, 28(10): 1092-1097.
- [4] 薛 领, 杨开忠. 复杂性科学理论与区域空间演化模拟研究[J]. 地理研究, 2002, 21(1): 79-88.
- [5] 薛 领, 杨开忠. 城市演化的多主体 (multi-agent) 模型研究[J]. 系统工程理论与实践, 2003, 23(12): 1-10.
- [6] 方美琪, 张树人. 复杂系统建模与仿真[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2002.
- [7] 廖守亿, 陆宏伟, 陈 坚, 等. 基于 Agent 的建模与仿真概念化框架[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(2): 616-620.
- [8] 张 发, 宣慧玉, 赵巧霞. 复杂系统多主体仿真方法论[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(8): 2386-2390.
- [9] Wooldridge M, Jennings N R. Intelligent Agents: Theory and Practice[J]. Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115-152.
- [10] 张永安, 田 钢. 多主体仿真模型的主体行为规则设计研究[J]. 软科学, 2008, 22(3): 14-19.
- [11] 宣慧玉, 张 发. 复杂系统仿真及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [12] Wilensky U. NetLogo[R]. Evanston, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, 1999.