

文章编号:1003-207(2015)01-0089-10

DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2015.01.012

基于多智能体的城市群政策协调建模与仿真

罗杭^{1,2}, 张毅³, 孟庆国¹

(1. 清华大学公共管理学院, 北京 100084;

2. 巴黎大学(UPMC)-法国国家科学研究院计算机科学实验室, 巴黎 75252;

3. 华中科技大学公共管理学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:以城市群多政府互动与政策偏好演化为例,通过概念模型、数学模型和计算机模型的完整建模过程构建一个多智能体仿真模型,基于动力系统理论构建微观决策主体的偏好演化机制,基于复杂网络模型模拟宏观社会网络的拓扑演化规则,并对仿真模型和模拟结果进行效度和信度的检验。模拟实验探讨了全局交互周期比例、局部交互连接概率、行政/激励调控措施及其交叉作用对城市群政策协调演化的动态影响,并结合大样本模拟数据的统计分析,为促进城市群协调合作和区域一体化进程提供决策依据和政策参考,是多智能体建模与仿真(ABMS)在公共管理和政策领域的前沿拓展,提供了新的研究视角和方法论体系,也是政府组织模拟实验研究(行政学科计算化与实验化)的一次新尝试。

关键词:城市群政策协调;群体行为互动;政策偏好演化;网络模型;多智能体

中图分类号:C93;TP39 **文献标识码:**A

1 引言

统筹区域经济建设、促进地区协调发展是国家经济社会发展的重要目标,国务院相继批复了11个国家综合配套改革试验区以创新地方发展模式、促进区域协调发展(如武汉城市圈、长株潭城市群“两型社会”试验区、重庆市、成都市“城乡统筹”试验区等),而且,不少经济发达地区也出现了基于经济集聚的区域自发合作现象(如长三角城市群、珠三角城市群区域合作等)。然而,区域统筹合作和一体化进程仍面临一系列问题和挑战:(1)区域内各城市政府不存在直接的行政隶属关系,各自享有独立的行政权,难以协同合作;(2)区域经济社会发展不平衡(如武汉城市圈“强市弱圈”及“环京津贫困带”等现象),各城市利益偏好差异显著,难以达成共识^[1];(3)原有的行政管理体制滞后于经济发展和

社会转型进程,制约着政策协调的实现,区域内“各自为政”、“产业同构”、“重复建设”、“恶性竞争”等现象非常普遍,易陷入发展的“囚徒困境”。事实上,各城市政府之间达成政策共识、实现政策协调是推进一体化和区域统筹的一个基本前提,没有政府层面的协同合作和政策一致性保障,城市群市场一体化、基础设施一体化、社会管理一体化等等都难以取得实质性的进展。

城市群多政府互动系统作为一个动态演变、异质构成、自组织、自适应的典型性复杂系统,由多个具有独立行政权力和独自利益诉求的政府决策主体构成,面对区域内的共同社会经济问题,他们在相互沟通的基础上不断互动,多期博弈。受制于社会网络关系、技术条件限制、机会成本制约、有限理性、信息不完全性等因素,各个政府决策主体在特定时间和空间环境下往往仅受有限范围内其他主体影响,与区域内的有限主体互动(有限的交互范围也随时间而变化),而不可能随时随地实现(整体性)全局信息交互。例如,全体城市政府决策者共同参与的城市群联席会议(全局交互)虽然提供了一个区域协调合作的理想框架,但受制于高昂的时间和机会成本,不可能成为区域政府合作的唯一形式,更多还是需要依靠各城市政府之间日常性、自发性、灵活性的工作交流和沟通协调(局部交互),并依托于信息技术

收稿日期:2012-11-26; 修订日期:2013-09-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71473143);湖北省自然科学基金资助项目(2009CDB384)

作者简介:罗杭(1989-),男(土家族),湖北恩施人,清华大学公共管理学院管理学博士研究生,巴黎大学(UPMC)-法国国家科学院计算机科学实验室博士研究生,研究方向:计算社会选择、计算组织科学、社会科学与计算机科学等交叉研究。

和设备的发展(网络会议、OA系统、移动数字终端等),通过电子政务和移动政务,以更低的成本、更便捷的方式实现城市政府之间跨空间限制、随时随地的信息交流、沟通合作。在这一局部交互模式下,宏观系统的整体特征是通过微观个体之间的动态局部交互而涌现出来,并往往呈现出突现性、不确定性、多态均衡、非线性结构复杂性等特征。因此,定性研究、传统的数学建模和统计研究难以有效地解释城市群多政府多期互动的复杂性机理,有必要借鉴复杂性理论,应用多智能体建模与仿真技术(ABMS),从一种超脱还原论的、自底向上、微观互动到宏观涌现的视角,动态模拟城市群多政府主体互动的演化过程。目前,相关学者从城市群政府合作模式、协调机制、困境成因、对策建议等方面展开了一系列研究^[2-6],但主要属于定性研究,或静态、线性的定量研究,虽有少量研究采用多智能体模拟方法探讨了一些与城市群多政府互动具有一定类似性的问题^[7-9],但主要存在如下不足:(1)对主体间互动的描述采用元胞自动机模型,以空间距离界定主体交互范围,难以刻画处于社会网络结构中的主体间互动关系;(2)缺乏模型的效度和信度检验,模型的可信性和稳定性没有统计依据;(3)没有结合大样本的数据统计分析,只是对每个实验方案运行一次或若干次并展开模拟结果的描述,难以提炼普遍性的系统演化规律。本文不仅以多智能体模拟实验的方法研究城市群多政府互动演化机理,为公共管理领域(特别是政府组织系统)的问题研究探索了新的研究视角和方法论体系,并对一般性的社会系统仿真研究在方法上有所推进,建立了微观系统动力模型和宏观非对称网络模型之间的交互,引入了仿真模型和模拟结果的信度、效度检验,并将模拟实验研究和统计研究结合起来。

2 模型构建

2.1 系统运行机理分析

基于区域社会经济非均衡性,各城市对同一政策方案往往持不同的偏好。而且,政策偏好并不是一成不变的,而是受到外界环境和群体互动的影响而不断演化,因为个体存在于“社会场”中,其心理和行为必然受到群体和环境的影响而发生变化^[7],称之为群体压力。在政府系统中,群体压力产生的影响尤其明显,例如,当某一政府官员的政策偏好与大部分群体成员相异时,为了维护自己与群体的关系,避免得罪其他“同僚”、被组织孤立以及丧失自

己的政治前途等,该决策者往往不会固守原有态度与偏好,与群体“争锋相对”、“固执己见”,而是会在强大的心理压力下“自发”的向群体靠拢、同组织趋同^[1]。

在城市群政府互动系统中,群体压力由利益得失、行政权力、经济实力共同塑造,利益得失决定了群体压力作用的方向,行政权力和经济实力则决定了群体压力的强弱大小^[1]。假定有两种可供选择的政策方案A和B,各主体的利益得失可界定为A方案收益与B方案收益之间的差值。如果某城市主体相比具有较大的行政权力或经济实力,则在组织中更有地位和话语权,往往能对其他主体产生更大的影响。以武汉城市圈为例,尽管各城市不存在直接的行政隶属关系,但武汉市作为湖北省省会与副省级市,其市长对某一政策方案的态度对群体的影响无疑要远大于仙桃、天门、潜江等省直辖县级市;同样,在协商市场一体化、产业承接互补等经济领域问题时,武汉作为区域内具有绝对优势的最大经济体,其决策者无疑具有更大的影响力^[1]。进一步,思考群体压力作用的方式,即如何影响政策偏好,对于各个决策主体,其交互范围内偏好A方案和偏好B方案的群体会各自形成方向相反、大小各异的群体压力,若支持A方案的势力大于支持B方案的势力,则群体压力倾向于A方案,该主体的政策偏好将向A方案方向演化,其程度取决于双方势力的差距,反之亦然。

2.2 建立概念模型

在运用多智能体模拟政府主体行为互动与态度演化方面,EGGBM模型^[8-9]进行了较为成熟的研究,以政府信息化改革为例,模拟群体压力对政府主体支持信息化程度的影响。结合城市群多政府互动的特定机理,加以借鉴和改进:(1)引入新的中间变量——经济实力;(2)引入新的环境变量——政策方案(类型),作为调节变量,影响经济实力作用于利益得失的方向;(3)增加新的变量关系:一是在原变量(行政权力)与利益得失之间建立联系,二是在新变量(经济实力)与利益得失之间建立联系。在此基础上,构建本模型的因果关系图,包括输入、内部构造、输出和反馈:(1)输入为多智能体属性及环境变量初始值;(2)内部构造是由多智能体(Agent)互动构成的人工社会组织^[10],其利益得失、经济实力和行政权力共同塑造了群体压力;(3)输出是政府主体的政策偏好;(4)反馈是输出对上层政府或协调机构的调控措施产生的影响。

分析核心变量之间的内部联系:行政权力和利

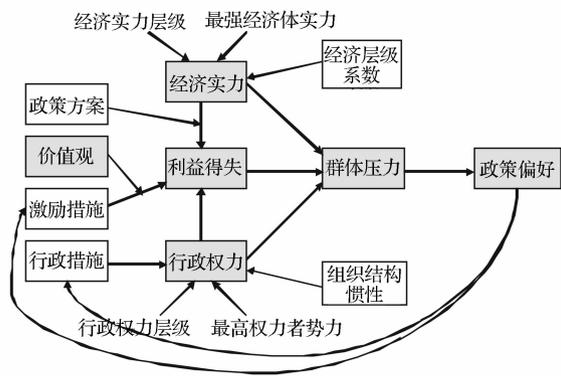


图 1 城市群政策偏好演化的因果关系图

注:未被方框标识的元素在建模中作为常量处理,以求模型简化;灰色方框为智能体自身的属性;白色方框为环境变量。

益得失之间正相关,行政权力较大的城市有更大的话语权和影响力,能使政策方案在协商制定和执行实施的两个阶段都向有利于自己的方向倾斜演化;经济实力和利益得失之间也存在相关性,但受到政策方案类型的调节,呈正或负相关性,例如,对于市场一体化政策,经济实力强,拥有众多优势企业的城市往往能够得益,因为他们能够享受到城市圈市场全面开放带来的经济收益与税收增长,而经济实力弱,缺乏优势企业的城市则往往反对这一政策,奉行地方保护主义,而对于社会保障一体化政策,经济发达的城市具有更多的社保资源,而经济落后,农村人口占比大的城市则自顾不暇,因而后者往往更能从社会保障一体化中受益。此外,激励措施会影响政府主体的利益得失,但受到价值观类型的调节,按照 Sprauger 的理论,区分经济型、社会型和政治型三种价值观类型^[11],行政权力也会受到行政措施的调节。

群体压力在特定交互范围下起作用,城市群各城市政府之间的协商互动主要有两种形式:一种是制度化的协同框架城市群联席会议,如武汉城市圈联席会议、长三角城市群经济协调会等,由全体城市共同参与;另一种则是各城市政府决策者之间的日常工作交流,属于部分城市之间的自发性、非正式性局部互动,一般意义上,相同行政级别的城市之间互动的概率更高,以武汉城市圈为例,有副省级城市 1 个、地级市 5 个、县级省直辖市 3 个,此外,武汉作为湖北省政府所在地,8 市与武汉市交互的概率都较高;另一方面,相似经济规模的城市之间互动的概率也较高,以 2010 年数据为例,武汉市 GDP 远高于其他 8 市,黄冈、孝感、黄石基本位于 700—900 亿元一档,咸宁、鄂州、仙桃、潜江、天门大体位于 200—500

亿元一档,同样,考虑到武汉市作为区域经济中心及其经济产业的辐射作用,8 市与武汉市交互的概率也相对较高。

2.3 建立数学模型

主体间局部交互的模型表达有多种,传统方式即从地理或物理空间的角度界定沟通范围(即元胞自动机模型^[12]),决策个体仅能同周围的、相近的主体互动。然而,伴随着计算机网络和移动通信技术的发展,特别是电子政务和移动政务的普及,借助网络会议、办公自动化系统(OA)、个人数字终端(PDA)等,政府主体之间能够更加方便快捷、随时随地的交流信息、协同合作,最大限度的突破了时空和环境的限制^[13]。元胞自动机模型已很难描述信息时代的政府互动模式,真正决定主体之间交互状态的不是空间距离的远近,而是个体自身的沟通意愿和需求。因此,电子政务和移动政务环境下的“邻居域”不再是实体空间范围的概念,而更多是社会网络关系的视阈,因此,有必要应用复杂网络模型模拟主体间的互动关系^[14]。

通过局部规则联系变量,进行状态转换,各主体下一刻状态由该主体及其交互范围内其他主体的当前状态运算得出。函数可表达为 V , 其中 V 为主体 i 的当前状态, $\bar{P} = (\sum_{i=1}^n P(i)(t))/n$ 为该主体交互范围(邻居域)内其他主体的状态。如下 8 个规则依次执行,规则 1、2 为变量初始分配,仅执行一次,规则 3—8 为演变函数,循环执行。

规则 1 各城市决策主体的行政权力(P)由行政权力层级(le)、组织结构惯性(In)决定,组织结构惯性决定了主体间权力的分配格局,结构惯性系数越大,则群体权力等级越森严,不同层级之间的权力差别就越大^[8,9],令最高行政权力 $P^1 = 1$,则各层级主体行政权力之间的关系为:

$$P^{le+1}(i) = P^{le} - P^{le} In \quad (1)$$

规则 2 各城市决策主体的经济实力(E)由经济实力层级(le)、经济层次系数(Co)决定,令最高经济实力 $E^1 = 1$,则各层级主体经济实力之间的关系为:

$$E^{le+1}(i) = E^{le} - E^{le} Co \quad (2)$$

规则 3 行政措施(AM)压制特定主体的行政权力,若上层政府或协调机构期望群体政策偏好向 A 方案演化,则压制支持 B 方案(利益差值负者)的行政权力,反之同理,且行政措施随指数 $\alpha 1$ 衰减,则有:

$$AM(i)(t+1) = AM(i)(t) e^{-\alpha 1 * t} \quad (3)$$

$$P(i)(t+1) = P(i)(t) - P(i)(t) AM(i)$$

$$(t), \forall B(i)(t) < 0 \text{ 或 } \forall B(i)(t) > 0 \quad (4)$$

规则 4 激励措施(SM)提高价值观类型(V)相匹配主体对政策方案的收益(B),若上层政府或协调机构期望 A 方案获得通过,则激励措施提升 A 方案的收益,反之同理,且激励措施随指数 α_2 衰减,则有:

$$SM(i)(t+1) = SM(i)(t) e^{-\alpha_2 * t} \quad (5)$$

$$BA(i)(t+1) = BA(i)(t) + |BA(i)(t)| SM(i)(t), \bar{P} = (\sum_{i=1}^n P(i)(t)) / nTypeSM(i)(t) = V(i)$$

或

$$BB(i)(t+1) = BB(i)(t) + |BB(i)(t)| SM(i)(t), \bar{P} = (\sum_{i=1}^n P(i)(t)) / nTypeSM(i)(t) = V(i) \quad (6)$$

规则 5 较大的行政权力将会提高决策个体的利益获取程度,幅度取决于系数 PIBI,而较小的行政权力将会减小利益获取程度,幅度取决于系数 PIBD,且 PIBI 和 PIBD 随指数 α_3 衰减,则有:

$$PIBI(i)(t+1) = PIBI(i)(t) e^{-\alpha_3 * t},$$

$$PIBD(i)(t+1) = PIBD(i)(t) e^{-\alpha_3 * t} \quad (7)$$

$$BA(i)(t+1) = BA(i)(t) + |BA(i)(t)| PIBI(i)(t), \forall P(i)(t) \geq \bar{P}$$

$$BA(i)(t+1) = BA(i)(t) - |BA(i)(t)| PIBD(i)(t), \forall P(i)(t) \leq \bar{P} \quad (8)$$

$$BB(i)(t+1) = BB(i)(t) + |BB(i)(t)| PIBI(i)(t), \forall P(i)(t) \forall$$

$$BB(i)(t+1) = BB(i)(t) - |BB(i)(t)| PIBD(i)(t), \forall P(i)(t) \leq \bar{P} \quad (9)$$

规则 6 当政策方案属性 Plan=0 时,经济实力与利益得失正相关,即较强的经济实力将会提高主体的利益获取程度,幅度取决于系数 EIBI,而较小的经济实力将会减小利益获取程度,幅度取决于系数 EIBD,且 EIBI 和 EIBD 随指数 α_4 衰减;而 Plan=1 时,经济实力与利益得失负相关,相应的规则也反向作用,则有:

$$EIBI(i)(t+1) = EIBI(i)(t) e^{-\alpha_4 * t},$$

$$EIBD(i)(t+1) = EIBD(i)(t) e^{-\alpha_4 * t} \quad (10)$$

$$BA(i)(t+1) = BA(i)(t) + |BA(i)(t)| EIBI(i)(t),$$

$$\forall (E(i)(t) \geq \bar{E} \cap Plan - a = 0) \cup (E(i)(t) \leq \bar{E} \cap Plan - a = 1) \quad (11)$$

$$BA(i)(t+1) = BA(i)(t) - |BA(i)(t)| EIBD(i)(t),$$

$$\forall (E(i)(t) \forall \forall Plan - a = 1) \forall (E(i)(t) \forall \forall Plan - a = 0) \quad (12)$$

$$BB(i)(t+1) = BB(i)(t) + |BB(i)(t)| EIBI(i)(t),$$

$$\forall (E(i)(t) \geq \bar{E} \cap Plan - b = 0) \cup (E(i)(t) \leq \bar{E} \cap Plan - b = 1) \quad (13)$$

$$BB(i)(t+1) = BB(i)(t) - |BB(i)(t)| EIBD(i)(t),$$

$$\forall (E(i)(t) \geq \bar{E} \cap Plan - b = 1) \cup (E(i)(t) \leq \bar{E} \cap Plan - b = 0) \quad (14)$$

$$B(i)(t) = BA(i)(t) - BB(i)(t) \quad (15)$$

规则 7 建立局部交互的网络拓扑结构,借鉴随机重连算法^[14],系统按一定的概率(LP)分布对网络节点进行随机连接,节点之间的连线表示主体之间的交互,则有(random-floate 1 为 0-1 的随机浮点数):

$$\sum_{k=1}^n \sqrt{P(k) N(t) E(k) N(t) B(k) N(t) + \sqrt{P(i)(t) E(i)(t) B(i)(t) LP} > random - floate 1, create - links between i and j \quad (16)$$

规则 8 计算主体政策偏好,对于第 i 个智能体,其 t 时点下交互范围内利益差值为正者和为负者分别塑造支持 A 方案和支持 B 方案的势力(表达为 FA 和 FB),双方互相角力,合力形成群体压力(表达为 Pressure)。如果加权求和得到的 A 方案支持者势力更大,则主体下一刻的政策偏好值上升,反之下降,则有:

$$FA = \sum_{k=1}^n \sqrt{P(k) N(t) E(k) N(t) B(k) N(t) + \sqrt{P(i)(t) E(i)(t) B(i)(t)}, \forall B(i)(t) > 0, B(i) N(t) > 0$$

$$FB = \sum_{k=1}^n \sqrt{P(k) N(t) E(k) N(t) | B(k) N(t) | + \sqrt{P(i)(t) E(i)(t) | B(i)(t) |}, \forall B(i)(t) < 0, B(i) N(t) < 0 \quad (17)$$

其中 n 表示第 i 个主体交互范围内其他主体数目,政策偏好为 $D(i)(t) = \{x | 0 \leq x \leq 1\}$, 值为 0 表示完全支持 B 方案,值为 1 表示完全支持 A 方案,交互范围内群体平均值为 \bar{D} ,则下一时刻该主体政策偏好为:

$$D(i)(t+1) = D(i)(t) + (FA - FB) * \bar{D} / (n + 1) = D(i)(t) + Pr * \bar{D} / (n + 1) \quad (18)$$

2.4 建立计算机模型

建立数学模型的基础上,选取 Netlogo 多主体仿真平台为系统实现工具,实现计算机世界的模拟

实验环境。

3 模型检验

本文涉及的社会组织模拟存在大量定性数据和半结构数据,且实证获取困难,要用完全定量、实证的方法验证“模型能够映射真实世界”是不可能的^[15]。因此,采用定性验证方法,扩展图灵测试^[15-17],步骤如下:(1)设计朴素的模型检验实验方案;(2)模拟运行得到相应输出;(3)将输入—输出与常识比较,如果输入—输出符合常识,则模型有效,否则无效。本阶段的模型检验主要为效度检验,即检验多智能体仿真模型是否符合常识和客观规律,能否有效的映射和解释现实系统。

3.1 第 1 套验证实验

考察群体中利益差值为正者和为负者的不同构成对群体政策偏好的影响。设计 3 个方案,设定利益差值正者数目为 0、5、9,保持其他变量一致(各方案政策偏好初始均值为 0.50),每套方案模拟运行 10 次取平均值。对模拟实验结果中政策协调程度的判据主要有两个标准,一是描述数据中心状态的均值,二是描述数据离散程度的标准差,标准差越小,则说明各主体政策偏好更加趋同,协调水平越高。

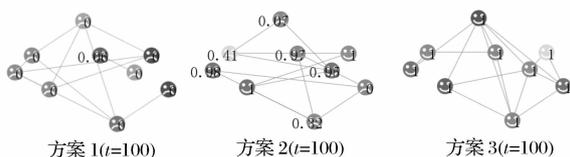


图 2 方案 1、2、3 在时间 $t=100$ 时刻各主体网络拓扑和政策偏好分布图

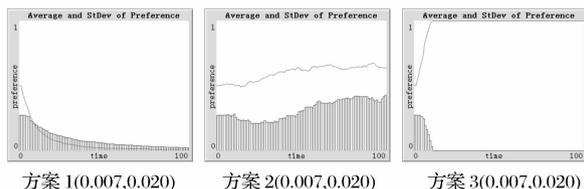


图 3 方案 1、2、3 的群体政策偏好均值及标准差演化图

注:绿色线状曲线表示政策偏好均值,红色柱状曲线表示政策偏好标准差,括号中的两位数字分别表示 $t=100$ 时的政策偏好均值与标准差

方案 1 的群体政策偏好均值及标准差迅速、稳定地下降,自 $t=58$ 时起均值下降至 0.01 以内,标准差下降至 0.02 以内,群体政策偏好高度一致,趋

同于 0,即完全支持 B 方案;方案 3 的群体政策偏好均值快速上升,标准差则迅速下降,自 $t=12$ 时起均值稳定于 1,标准差稳定为 0,政策偏好高度协调,趋同于 1,即完全支持 A 方案;方案 2 的政策偏好均值基本保持稳定,并有持续的微幅波动,标准差则总体呈上升趋势。具体分析,方案 1 中各主体的利益差值皆为负,即对于每一个主体来说 A 方案的收益皆小于 B 方案的收益,群体势必合力形成倾向 B 方案的群体压力,使得各主体政策偏好值不断下降;而方案 3 中各主体的利益差值皆为正,群体相互影响的结果必然使得各主体政策偏好值不断上升;方案 2 为方案 1 和方案 3 的折中方案,双方“势均力敌”,皆不具备对全局的绝对影响力和控制力,因而易出现反复“争夺”的局面,群体政策偏好均值在中值线(0.5)上下波动,且群体政策偏好的协同水平较低,离散程度较大。分析表明,以上三组实验方案的演示结果基本反映了客观规律,与常识相符。

3.2 第 2 套验证实验

考察激励措施类型与主体价值观类型的匹配程度对群体政策偏好的影响。举例,方案 1 和方案 2 分别考察政治型激励措施和经济型激励措施对政治人占绝大多数的群体的影响,设计激励措施提升 A 方案收益,方案 1 群体互动的结果使政策偏好均值由 0.5 上升至 0.704,标准差为 0.399,方案 2 均值上升至 0.593,标准差为 0.481,前者的均值显著高于后者,即更加偏向于 A 方案,且标准差更低,协同水平更高。模拟结果与常识相符,只有根据主体的价值观构成施加相应类型的激励措施,即“对症下药”,才能发挥较好的引导效果。两套朴素实验方案的检验结果表明,模型基本符合常识与客观规律,能较好的映射现实系统。

4 模型应用

结合模拟实验与统计研究,探索城市群政策协调演化的一般性规律,并对每套模拟实验做稳定性检验。在具体的实证应用中,可以通过调研收集有关具体案例的实地数据(例如通过问卷调查、访谈评估政府主体的政策偏好等,以及利用“奥尔波特—弗农—林德西价值观研究法”^[11]测量主体的价值观类型等)。

4.1 全局交互周期的影响

考察全局互动周期(表现为城市群联席会议的频次及时长)对政策偏好演化的影响,全体城市共同参与的城市群联席会议在政策协调的进程中能够发

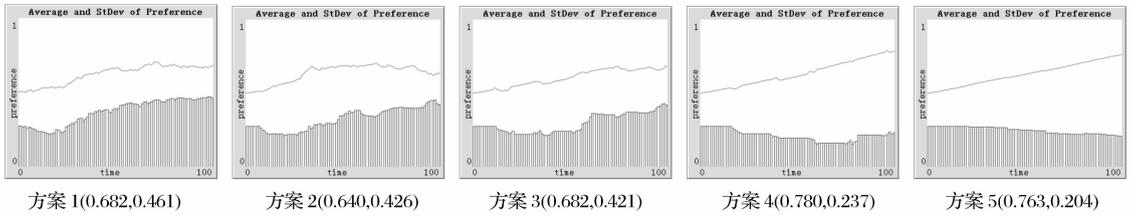


图 4 方案 1—5 在 $0 \leq t \leq 100$ 全时段政策偏好均值及标准差演化图

挥怎样的作用。设计 5 个方案,设置全局协商时间所占比例分别为 0/20、5/20、10/20、15/20、20/20,则局部互动的比例分别为 20/20、15/20、10/20、5/20、0/20,假设以 20 ticks 为一个周期,全局交互和局部沟通交替进行,保持其他变量不变,每个方案模拟运行 10 次。

伴随着整体协商周期比例的上升, $t=100$ 时的政策偏好标准差呈下降趋势(0.461、0.426、0.421、0.237、0.204),这说明全局交互比例与政策偏好的协调程度大体呈正比,城市圈联席会议提供的各城市政府全体参与、平等互动、沟通协商的平台使得政策偏好充分协调、更加趋同,有利于促进城市群政府合作协同。

对模拟结果的稳定性进行检验,即信度检验,分析思路如下,在同一模拟系统和相同参数设置下,多次模拟运行的结果是否稳定,这一检验即属于信度检验中的重测/再测检验,如前文所述,5 个方案各运行了 10 次,按照重测检验的规则,从每个方案的 10 次模拟数据中随机抽取 5 个模拟数据构成第一组样本(含 5×5 个样本量),其余数据则构成第二组样本(5×5),做相关系数估计(在重测信度检验中,两组样本的相关系数即信度系数,信度系数越大,则信度水平越高),政策偏好均值的 Pearson 相关系数为 0.884,显著性概率为 0.000,政策偏好标准差的 Pearson 相关系数为 0.914,显著性概率为 0.000,这说明模拟实验结果具有很高的信度水平,其规律分析也具有较好的可靠性和可信性。

4.2 局部连接概率的影响

考察城市群政府主体之间的日常工作交流(局部交互水平)对政策偏好演化的影响,如前文所属,相异类型主体间交互概率较低,相似类型主体间交互概率较高,设计 3 组实验方案,LP-S(低)和 LP-D(高)两档连接概率的组合分别为方案 1(0.2—0.4, 0—0.2)、方案 2(0.4—0.6, 0.2—0.4)、方案 3(0.6—0.8, 0.4—0.6),节点连接概率并不取固定值,而是一定范围内随机取值,更好的模拟城市群政

府互动中的不确定性和复杂性。

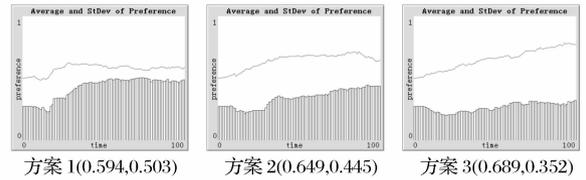


图 5 方案 1—3 在 $0 \leq t \leq 100$ 全时段政策偏好均值及标准差演化图

方案 1 的政策偏好均值基本处于小幅波动状态,自 $t=79$ 起微幅于 0.58,标准差大体呈上升趋势, $t=100$ 时为 0.503;方案 2 均值相比有所上升, $t=100$ 时为 0.649,标准差减小, $t=100$ 时为 0.445;方案 3 均值呈平稳上升态势, $t=100$ 时为 0.689,标准差相比大幅减小, $t=100$ 时为 0.352。整体上讲,伴随着连接概率(局部交互水平)的提升,政策偏好协调程度呈上升趋势,方案 1、2、3 全时段政策偏好标准差平均值分别为 0.421、0.341、0.266。城市群政府主体之间的日常局部交互与现代化的通讯办公手段密切相关,电子政务和移动政务同传统的政务模式相比,政府主体之间的交流互动在相当程度上突破了时间和空间环境的限制,因此,有必要进一步普及和深化电子政务与移动政务,使得跨地域的城市政府合作更加方便快捷、随时随地^[13]。

考察不同局部交互水平下模拟结果差异是否显著,两两比较:方案 1(低)和方案 2(中)均值 T 检验为 -3.327, p 值为 0.005,标准差 T 检验为 2.561, p 值为 0.023;方案 2(中)和方案 3(高)均值 T 检验为 -2.034, p 值为 0.061,标准差 T 检验为 7.382, p 值为 0.000。此外,检验模拟结果的稳定性,随机抽取构成两组配对样本,均值的相关系数为 0.775, p 值为 0.003;标准差的相关系数为 0.858, p 值为 0.000,具有很高的信度水平。

4.3 全局交互周期和局部连接概率的交互作用

调整全局周期比例分别为 0/20、5/20、10/20、15/20、20/20,并设置连接概率为 L(低)、M(中)和

H(高)。

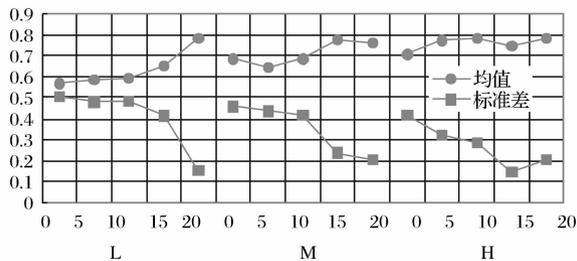


图 6 方案 1-5 在 t=100 时政策偏好均值及标准差的比较

在 L、M、H 三级连接概率下,伴随着全局交互周期的提升,政策偏好协调程度呈上升趋势(标准差下降);值得注意的是,从 L 至 H 级连接概率,在全局交互周期上升的过程中,政策偏好均值上升趋势越来越平缓,差异越来越小,这给我们一点启示,在高局部沟通水平下,能够有效弥补全局交互较短的不足。尤其考虑城市群政府协同的现实情况,各城市政府全体参与的联席会议成本高,耗时长,机会成本大,不可能完全依赖城市群联席会议的协调作用,还是需要更多发挥城市之间自主性、自发性的日常工作交流,通过普及和推广移动政务和电子政务等新一代政务模式,降低跨地域政府合作的互动成本。

对模拟结果的稳定性进行检验,两组样本(15×5, 15×5)政策偏好均值的信度系数为 0.859, p 值为 0.000;标准差的信度系数为 0.972, p 值为 0.000,具有很高的信度水平,其规律分析也具有较好的可靠性。

4.4 行政措施的影响

当上层政府或协调机构希望方案 A 获得群体支持,可施加行政措施,以压制 B 方案支持者的行政权力,削弱其影响。考察不同强度的行政措施对群体政策偏好演变的影响,即要有较好的引导效果(群体政策偏好均值接近 1,即赞成 A 方案,且标准差较小,政策偏好更加协调),又具有较小的强度/成本。设置各主体初始利益差值主要为负,偏向于 B 方案,以更好地展现行政措施的调控效果,体现对政策偏好值的提升。

方案 1(AM=0)的政策偏好均值及标准差不断下降,t=68 起均值稳定于 0, t=36 起标准差降至 0.05 以内,说明在没有行政措施调控的情况下方案 B 获得了绝对主导地位;方案 2(AM=0.2)均值及标准差也呈下降趋势,t=22 起均值降至 0.2 以下,标准差则相比方案 1 更高,基本在 0.1 以上,这说明

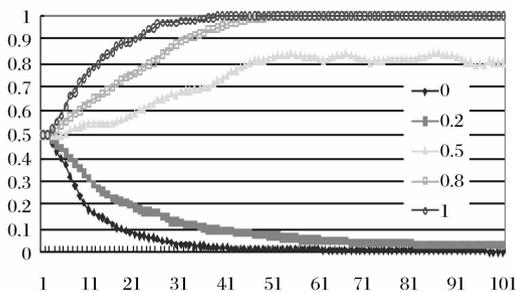


图 7 方案 1-5 在 0≤t≤100 全时段政策偏好均值演化图

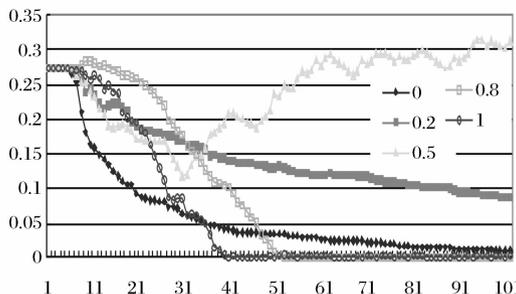


图 8 方案 1-5 在 0≤t≤100 全时段政策偏好标准差演化图

强度为 0.2 的行政措施没有使得政策偏好均值显著上升,但在一定程度上压制了 B 方案支持者的行政权力,使得势力双方更多呈现出“争夺”状态,政策偏好协调程度下降;方案 3(AM=0.5)均值首次呈现上升趋势,且自 t=48 起基本位于 0.8 以上,但政策偏好标准差也大幅上升,势力双方处于一种势均力敌的状态;方案 4(AM=0.8)均值快速上升,自 t=49 起稳定于 1,标准差也呈下降趋势,自 t=51 时起稳定于 0;方案 5(AM=1)更快稳定于理想状态,自 t=37 起均值稳定于 1,自 t=40 起标准差稳定于 0,引导效果更加明显。虽然方案 4 和方案 5 都实现了较好的调控结果,然而方案 4 的强度为 0.7,相比(方案 5 为 1)成本更小,为较适宜方案。分析规律,当行至措施较小时(AM=0.2),不仅难以显著引导政策偏好,反而有可能加剧意见冲突;伴随着行政措施的增加(AM=0.5),显著提升政策偏好的同时也可能产生“副作用”,标准差也随之急剧上升;而当行政措施的调控效果达到了一个较理想的状态后(AM=0.8),进一步增加强度则呈现出边际递减效应,不仅耗费了更多成本,且难以显著改进调控效果,应当在引导效果和强度/成本之间谋求微妙的平衡。

基于 5×10 个样本数据,以行政措施的强度为自变量,以政策偏好均值和标准差分别为因变量做回归分析,如表 2 所示,具有较好的统计显著性。此外,对模拟结果做稳定性检验,随机抽取构成两组样本,政策偏好均值的信度系数为 0.992, p 值为 0.000;政策偏好标准差的信度系数为 0.962, p 值为 0.000。

表 1 行政措施作用于政策偏好均值和标准差的回归结果

		非标准化系数		标准 系数	t	Sig.
		B	标准误差			
均值	(常量)	.046	.085		.537	.598
	行政强度	1.139	.137	.890	8.296	.000
标准差	(常量)	.067	.014		4.981	.000
	行政强度	-.076	.022	-.633	-3.469	.003

表 2 激励措施和行政措施的交互作用

行政/激励	0	0.2S	0.2E	0.2P	0.5S	0.5E	0.5P	0.8S	0.8E	0.8P
0	0.003	0.723	0.852	0.988	0.963	0.994	0.993	0.962	0.953	1
	0.010	0.341	0.243	0.018	0.108	0.017	0.022	0.077	0.093	0
0.2	0.033	0.936	0.975	0.989	0.982	1	1	0.985	1	1
	0.088	0.143	0.044	0.029	0.054	0	0	0.045	0	0
0.5	0.805	0.975	0.985	1	0.994	1	1	1	1	1
	0.313	0.056	0.031	0	0.018	0	0	0	0	0
0.8	0.999	1	0.999	1	0.998	1	1	1	1	1
	0.002	0	0.005	0	0.005	0	0	0	0	0

4.5 激励措施的影响

当上层政府或协调机构希望方案 A 获得群体支持,可采取激励措施提升 A 方案收益。考察不同类型和强度的激励措施对群体政策偏好演变的影响,既要有较好的引导效果,又具有较小的强度/成本(激励措施不仅消耗资源,且过高强度的激励措施不利于群体形成自组织、自优化的秩序)。设计行政措施的强度、激励措施的类型和强度分别不同的 40 组实验方案,并保持其他变量不变(初始利益差值主要为负,偏向于 B 方案,更好地展现行政措施的调控效果)。如表 3 所示,第一行和第一列的数字表示调控措施的强度,S、E、P 分别表示社会型、经济型和政治型的激励措施,不同方案 $t=100$ 时政策偏好均值与标准差如下。

在 40 组实验方案中,有 18 组达到了最优状态(政策偏好均值为 1,标准差为 0),考虑调控措施的强度,假定单位强度的激励和行政措施成本相同,则 0.5-0.2P、0.2-0.5E、0.2-0.5P 三个方案成本最小(累加皆为 0.7),可进一步描绘全时段的演化时序图。如图 9 所示,方案 0.2-0.5P 和 0.2-0.5E 相比方案 0.5-0.2P 政策偏好均值更早达到 1,政策偏好标准差也更早趋近于 0,可以较明显的筛掉方案 0.5-0.2P,而相比 0.2-0.5P 和 0.2-0.5E,方案 0.2-0.5P 政策偏好均值和标准差更加稳定,波动更小,因此为最适宜方案。

基于 40×10 个样本数据,做政策偏好均值的回归分析,如表 4 所示,具有较好的统计显著性,行政

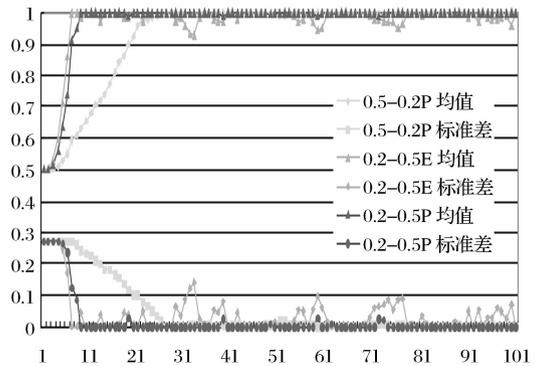


图 9 0.5-0.2P、0.2-0.5E、0.2-0.5P 三方案在 $0 \leq t \leq 100$ 全时段政策偏好均值及标准差演化图

措施和激励措施都能有效引导政策偏好,促进偏好趋同。此外,对模拟结果做稳定性检验,随机形成两组样本($40 \times 5, 40 \times 5$),政策偏好均值的相关系数为 0.991, p 值为 0.000;标准差的相关系数为 0.840, p 值为 0.000,这说明模拟实验结果具有很高的信度水平(稳定性),其规律分析也具有较好的可信性。

表 3 行政措施和激励措施作用于政策偏好均值和标准差的回归结果

		非标准化系数		标准 系数	t	Sig.
		B	标准误差			
均值	(常量)	.705	.048		14.746	.000
	行政措施	.193	.069	.272	2.785	.007
	激励措施	.341	.076	.438	4.489	.000
标准差	(常量)	.111	.016		6.982	.000
	行政措施	-.083	.023	-.357	-3.621	.001
	激励措施	-.090	.025	-.350	-3.548	.001

5 结语

本文通过概念模型、数学模型和计算机模型的完整建模过程,建立一个微观主体互动机制和宏观社会网络模型相结合的城市群政策协调仿真系统,进行了信度和效度的检验,并展开模拟实验和统计分析,是复杂性理论和计算机仿真在公共管理和政策领域的前沿拓展,为公共管理学科提供了新的研究视角和方法论体系,也是政府组织模拟实验研究(行政学科计算化与实验化)的一次新尝试,对未来的进一步研究有以下几点思考:

(1)本文通过实验条件控制下的计算机赋值展开仿真实验,结合大样本模拟数据的统计分析,探讨城市群政策协调演化的一般性规律。在进一步研究中,可以提炼更多城市圈政策协调中的实际问题,并将计算机仿真和实证研究结合起来,通过实地调研收集各变量的真实数据,输入仿真平台进行模拟运算,以进一步验证和完善此模型,并为公共管理和政策实践提供更有针对性和指导意义的决策参考;

(2)本文构建了一个一般性的、具有较广适用性的城市群政策协调模拟系统,并以武汉城市圈为例进行了初步的模拟分析。在深入研究各个城市群的具体问题时,可以本模型为基础和蓝本,结合各城市群的特定结构与运行机理,在因果关系图、数学建模和计算机编程的过程中引入必要的修改和补充,以构建出一系列针对特定城市群的扩展模型,既扩大模型的适用范围,且进一步增强对具体问题的仿真水平与解释能力;

(3)计算机建模与仿真技术(特别是多智能体系统)作为研究复杂自然系统和复杂社会问题的一项有力工具,已在基础科学和工程技术领域获得了较广泛应用,并在前沿的经济学和管理科学研究中得以采用,但在我国公共管理和组织领域尚未获得充分认识。特别是在社会转型和区域统筹的时代背景下,在行政体制改革和社会管理创新的实践诉求下,复杂性范式指导下的多智能体仿真研究为深入认识和解决新涌现、大规模、复杂性的社会公共难题提供了新的途径。

参考文献:

[1] 罗杭. 城市群一体化与政府互动的多智能体模拟[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2013, 34(2): 46-52.
[2] Wollmann H. Comparing two logics of interlocal cooper-

ation: The cases of france and germany[J]. Urban Affairs Review, 2010, 46(2): 263-292.
[3] Feiock R C, Lee I W, Park H J, et al. Collaboration networks among local elected officials: Information, commitment, and risk aversion[J]. Urban Affairs Review, 2010, 46(2): 241-262.
[4] Sager F. Policy coordination in the European metropolis: A meta-analysis[J]. West European Politics, 2006, 29(3): 433-460.
[5] Sager F. Metropolitan institutions and policy coordination: The integration of land use and transport policies in Swiss urban areas[J]. Governance—An International Journal Of Policy And Administration, 2005, 18(2): 227-256.
[6] Vanka S, Handy S, Kockelman K M. State—local coordination in managing land use and transportation along state highways[J]. Journal Of Urban Planning And Development—Asce, 2005, 131(1): 10-18.
[7] 胡斌,董升平. 管理者—人群心理归顺博弈定性模拟原理[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(2): 2813-2816.
[8] 吴江,胡斌. 信息化与群体行为互动的多智能体模拟. 系统工程学报, 2009, 24(2): 218-225.
[9] Wu Jiang, Hu Bin, Zhang Jinlong, et al. Multi—agent simulation of group behavior in E—Government policy decision[J]. Simulation Modelling Practice and Theory, 2008, 16(10): 1571-1587.
[10] 张江,李学伟. 人工社会——基于 Agent 的社会学仿真[J]. 系统工程, 2005, 23(1): 13-20.
[11] Hodgetts R M. 现代工作中的人际关系 [M]. 谢铮,郭悦,译. 8 版. 北京: 中信出版社, 2005: 120-156.
[12] 胡斌,蒋国银. 管理系统集成模拟原理与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
[13] 罗杭,郭珍,张毅. 移动政务的价值分析[J]. 情报资料工作, 2010, (4): 36-40.
[14] Watts D J. Small worlds: The dynamics of networks between order and randomness[M]. Princeton: Princeton University Press, 1999.
[15] Dijkum C D. Validation of Simulation Models[M]. Amsterdam: SISWO Publication, 1999.
[16] Kupperts G, Lenhard L. Validation of simulation: Patterns in the social and natural sciences[J]. Journal of Artificial Societies & Social Simulation, 2005, 8(4): 1-13.
[17] Sargent R G. Verification and validation of simulation models[C]. Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, Orlando, FL, USA, December 6-9, 2005.

Modeling and Simulation of Multi-Cities' Policy Coordination Based on Mas

LUO Hang^{1,2}, ZHANG Yi³, MENG Qing-guo¹

(1. School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Laboratoire d'informatique de Paris 6, Université Pierre et Marie Curie, PARIS VI - Centre National de la Recherche Scientifique, Paris 75252, France;

3. College of Public Administration, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: To analyze the Multi-Cities' Government Interaction and Policy Preference Evolution, a multi-agent simulation system is built through conceptual model, mathematic model and computer model. The preference evolutionary mechanism of micro decision-making entities is constructed based on dynamic system, and the topology evolving rule of macro social networks is built based on complex networks, and the reliability and validity test for simulation model and results is given. The simulation experiments investigate the effect of global interaction proportion, local interlinking probability, administration/stimulation measures and their interaction on the evolving process of the multi-cities' policy coordination. The statistics analysis of large sample of simulation data is integrated, to provide policy advices to advance the collaboration and integration of urban agglomeration. This research is a frontier expansion of the multi-agent system in the field of public management and policy, endowing the discipline with new research perspective and methodological system, and also an innovative try of government organizations simulation experiment research.

Key words: multi-cities policy coordination; collective behaviors interaction; policy preferences evolution; networks model; multi-agent system