

研究简报

多人混合博弈的仿真分析

邓宏钟, 谭跃进

(国防科技大学系统工程研究所, 长沙 410073)

摘要: 通过对经济系统中经济对象博弈行为的分析, 提出用基于多智能体的整体建模仿真方法对经济中的多人混合博弈问题进行仿真分析, 利用 sw amm 仿真软件平台生成博弈模型—GAME, 并对模型进行了描述和定义, 最后基于模型的仿真结果研究分析了博弈对象的数量、博弈半径和博弈规则对博弈结果的影响

关键词: 整体建模仿真方法; 多人混合博弈; 博弈半径

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1007-9807(2002)04-0077-06

0 引言

经济系统是一个复杂巨系统, 经济系统中存在各种政治因素、人为因素、随机因素和偶然事件的影响和干预^[1,2]。传统经济理论在研究经济政策问题时(特别是货币政策), 通常将政策作为一种可以由决策者控制的工具, 即一种外生变量来考虑, 而忽略了政策制定者与政策调节对象决策行为之间的相互依赖和相互影响。实际上, 任何政策的制定和实施都是与政策制定者和政策调节对象之间的一系列相互制约和相互影响的决策行为密切相关的^[3]。一切经济政策行为及其效应都是这种相互依赖和相互影响的一系列理性决策的结果。这种理性决策行为是双方的一种博弈行为^[4]。因此, 在研究政策行为及其效应问题就不能不考虑博弈主体决策行为的相互依赖和相互影响^[5], 不能不考虑他们的个体理性以及所获信息对博弈均衡的制约和影响^[6]。

本文以基于多智能体的整体建模仿真方法为指导进行建模仿真, 在计算机仿真生成的经济博弈环境中, 对博弈环境和在博弈环境中进行相互博弈的博弈对象进行仿真研究

基于多智能体(Agent)的整体建模仿真方法是在复杂适应系统(CAS)理论指导下, 结合自动机网络模型和计算机仿真技术来研究复杂系统的一种有效方法^[7,8]。它是一种研究复杂系统的合适方法

根据博弈对象的数量、博弈中的策略、得益、博弈的秩序等, 可以将博弈分成许多种。但经济生活中的博弈具有自己的特征:

1°由于经济系统的复杂性, 系统中进行博弈的博弈对象数量巨大。经济生活中的经济人成千上万, 仅仅通过在一两对经济人中的博弈是不能说明问题的

2°博弈对象是经常变换的。经济生活中, 每个经济人要与许多不同的经济人打交道, 不可能固定它的博弈对手

3°在具体的博弈过程中, 每次博弈以在两个经济人之间的博弈行为居多, 多人同时进行博弈的情况较少

4°简单的博弈行为较多, 复杂的、需要进行详细论证、计算的博弈较少

以上面的思想为指导, 以现实生活中的行为经验和一般博弈规则为基础, 在计算机上建立了

多人混合博弈仿真模型——GAME 在模型 GAME 中,主要研究多人混合博弈,多人表示博弈对象数量很多,混合表示博弈对手可以变换 研究 Agent 群体在整体上会发生什么样的行为 研究博弈的收敛性,即 Agent 群体中采取同一策略的 Agent 数量变化趋势

1 模型结构描述

在模型 GAME 中,博弈对象根据自身属性和它所处的外界环境进行决策,选择合适的博弈策略,并不断地学习以提高博弈所得 模型中的每个博弈对象都是一个智能 Agent,模型是由博弈环境和许多 Agent 构成,即

模型= 环境, Agents

1.1 环境描述

在模型 GAME 中,环境是指所有 Agent 所处的外界环境,在经济生活中的博弈是与外界环境密切相关的 外界环境主要是影响 Agent 之间的交互拓扑结构 在博弈过程中,每个 Agent 所处的环境又由外界环境和所有其它 Agent 组成的内部环境所组成^[9]

模型中的外界环境可以模拟成现实生活中的空间环境,环境由一个 $n \times n$ 的网格组成,环境中可以布置各种山脉、河流和道路以阻止,限制 Agent 的移动或提高 Agent 的移动速度 外界环境通过影响 Agent 的移动来影响 Agent 的分布,间接影响 Agent 间的拓扑交互结构,影响 Agent 博弈对手的选择

1.2 Agent 的属性、规则、行为和学习算法描述

在模型 GAME 中,每个 Agent 由属性、规则集、策略集和学习算法组成

Agent= 属性,规则集,策略集,学习算法

在博弈过程中,被选中进行博弈的一对 Agent,根据上次博弈确定的博弈策略进行博弈,博弈结束后,根据博弈所获和学习算法修正自身的属性并确定下一次博弈要采用的策略

Agent 的属性

模型 GAME 中的 Agent 的属性包括博弈半径 r 和记忆长度 L . 博弈半径是两个可以进行博弈的 Agent 间的最大空间距离 当 $r = 1$ 时,表示 Agent 只能与它的邻居 Agent 进行博弈,如果没

有邻居 Agent,它就不能进行博弈

记忆长度 L 主要影响 Agent 博弈策略的选择,Agent 为适应环境,就要不断地学习,积累经验,最后综合自身属性、以往经验和所具有的知识改进自己的博弈策略^[10]. 如果 $L = 1$,表示 Agent 仅仅根据本次博弈的结果来确定下一次所要采取的策略,如果 $L > 1$,Agent 就要根据前 L 次的博弈结果和得益情况来确定下一次的博弈策略

Agent 的规则

模型 GAME 中的 Agent 规则只有一个,即 Agent 的移动规则 模型中所有 Agent 的空间位置就是它们进行博弈的拓扑关系图 如果 Agent 在整个仿真过程中保持固定不动,则 Agent 间的相互关系和关系图就保持不变,如果 Agent 可以移动,则每个 Agent 的博弈对手是不断变换的,Agent 间的博弈关系会不断变化,拓扑关系图也会动态变化 Agent 的移动可有多种方式,可以是随机移动,也可以在特定区域内移动,还可以按特定的曲线进行移动

Agent 的行为

模型中的 Agent 行为就是 Agent 的博弈行为,博弈行为包括选择博弈对手和进行博弈 Agent 选择博弈对手的方式是在它的博弈半径范围内选择博弈对手,如果存在多个博弈对手,就随机选择其中的一个,如果没有博弈对手,Agent 就不进行博弈

进行博弈时,Agent 根据上次博弈所确定的博弈策略与博弈对手进行博弈 并根据双方所采取的策略和得益矩阵计算博弈所得

整个模型策略集为 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$, s_i 代表一条可选策略, S 可以是有限集合,也可无限集,当 n 无穷大时就是一个无限集 另外模型中所有的 Agent i 都有一个属于自己的可选策略集 U_i ,它是 S 的子集,即 $U_i \subseteq S$,它体现了一种信息和能力的不对称性

Agent 的学习算法

Agent 每次博弈完后,马上根据自己的策略、对手的策略和博弈所得修正自己的策略,确定下次博弈将要采取的博弈策略 Agent 的博弈学习算法为

$$S_{i,t+1} = f(S_{i,t}, S_{j,t}, g_t)$$

其中, $S_{i,t}$ 是本次博弈自己所采用的策略, $S_{j,t}$ 是本

次博弈对手所采用的策略, g_t 是本次博弈所得, 它由得益矩阵确定, 对于 Agent, 博弈所得是博弈行为的反馈结果 $S_{i,t+1}$ 是下次博弈将要采取的策略。学习算法可以很复杂, 也可以选得很简单。根据需要还可采用遗传算法和神经网络的方法进行学习。

2 多人混合博弈实例

环境定义

所选择的是最简单的外界环境, 在 100×100 的网格上, 没有任何障碍, Agent 可以在前后左右 4 个方向上自动移动^[11]。这样 Agent 间的交互关系图却是最复杂的一种。

Agent 的属性定义

所有 Agent 的博弈半径是相同的, 即 r 都相同, 但在仿真中, 可以改变 Agent 的博弈半径这一参数。

Agent 的记忆长度 L 为 1, 即它只根据本次博弈的情况来决定下次博弈所要采用的策略, 而与前面的博弈无关。

Agent 的规则定义

仿真开始时, Agent 是随机分布在整个仿真环境的 100×100 个网格中。Agent 的移动规则可以根据需要进行选择。一种是固定不动, 这样 Agent 间的拓扑关系图是固定不变的。另一种是在它前后左右 4 个方向上, 长度为 L 的距离内随机选择一个位置, 移动过去。这种情况下, Agent 间的拓扑关系图是变化的。

Agent 的行为定义

仿真开始时, 设所有 Agent 的策略集相同, 并只有两个可选择策略, 分别是合作 C 与拒绝 R, 这与囚徒博弈相类似。博弈的得益矩阵如表 1 所示。

表 1 两人博弈的得益矩阵

项目	合作 C		拒绝 R	
合作 C	2	2	- 5	5
拒绝 R	5	- 5	- 3	- 3

Agent 选择博弈对手的规则是: 在以自己为中心, 边长为 $2r$ 的正方形内搜索其它 Agent, 从搜索到的 Agent 中, 随机选择一个作为本次博弈

的博弈对手。如果没有搜索到 Agent, 则在本次仿真周期内, 不进行博弈。

Agent 的学习算法定义

Agent 每次博弈完后, 要根据刚才的博弈情况来确定下次博弈所要采取的博弈策略。考虑最简单的情况, Agent 是一种反应式(学习能力很低)、具有一定风险规避能力的低智能的 Agent。根据上面的得益矩阵、冒险程度和经济人的利益最大化趋势, 定义 Agent 的基于利益最大化的策略更新规则如下:

1°如果 Agent i 和 Agent j 的策略分别为 C 和 R。根据得益矩阵的得益值可知, 若 Agent i 的策略由 C 变成 R, 则它的得益将会由 - 5 增加到 - 3。所以它存在将策略 C 变成 R 的期望。考虑到生活中, 人有一定的容忍程度, 所以定义 Agent i 将策略 C 变成 R 的概率为 $P_{C \rightarrow R}$ 。Agent j 的策略保持不变, 仍为 R。

2°如果 Agent i 和 Agent j 的策略都为 C, 根据得益矩阵的得益值, 两个 Agent 都有将策略改变成 R 的期望。但如果两个 Agent 的策略都同时变成 R, 则他们的得益值反而会减少。策略的改变要冒一定的风险, 基于这种考虑, 定义 Agent i 和 Agent j 将策略 C 改变成 R 的概率是 P_{CC} 。

3°如果 Agent i 和 Agent j 的策略都为 R, 根据利益最大化原则, 两者中任何一个单独更改策略都会导致更大的利益损失, 但如果两者同时更改策略为合作, 则它们的利益都可以大幅度提高。考虑到人的理性和具有协商能力: 可认为在双方都为拒绝策略情况下, 它们会通过协调达成一致, 在下次的博弈中, 两者的博弈策略都修正为 C。

博弈秩序定义

在模型 GAME 中, 每个仿真周期, 所有的 Agent 按先后次序轮流选择一个博弈对手进行一次博弈, 但不同仿真周期内, Agent 之间的先后次序是不同的, 是不断变化的。这样可保证 Agent 之间的平等性。

3 模型运行结果及其分析

利用美国桑塔费研究所提供的 SWARM 仿真平台, 基于上面的模型描述和定义进行仿真, 研究 Agent 个数, 博弈半径, 博弈规则(主要是概率

P_{CD} 和 P_{CC}) 对模型结果的影响 研究模型的收敛性和所有 Agent 的整体表现

3.1 Agent 数量变化对结果的影响

通过仿真发现, 固定 Agent 的博弈半径为

10, 博弈规则中 $P_{CD} = 20\%$, $P_{CC} = 5\%$ 时, Agent 的数量分别为 50 和 500 情况下, 到第 500 个仿真周期时的仿真结果如图 1 和图 2 所示

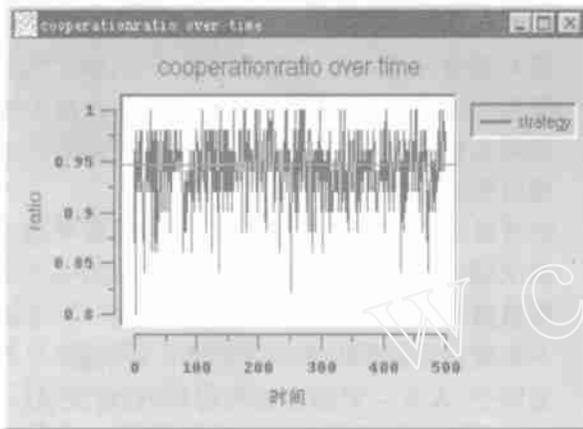


图 1 Agent 数量为 50 时的仿真结果

在图 1 中, 选择合作 C 的 Agent 比例(中心线)(纵坐标 ratio 表示在所有 Agent 中, 采取合作策略的 Agent 比例)从开始的大约 50% 提高到 94% 左右 在图 2 中, 选择合作 C 的 Agent 数量从开始的 50% 提高到 82% 左右 两者的共同点是, 两者的 Agent 都有向完全合作发展的均势, 但都不能达到并保持在完全合作的状态 这是因为, 即使所有的 Agent 采用了合作策略, 由于 $P_{CC} = 0$, 仍然会有 Agent 从合作状态逃逸出来 上面两图不同之处在于, 图 1 中 Agent 的平均合作度

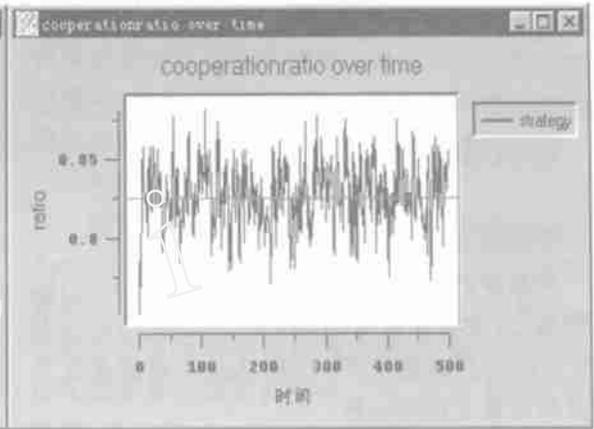


图 2 Agent 数量为 500 时的仿真结果

为 95%, 图 2 中 Agent 的平均合作度为 82.5%, Agent 的平均合作度随着 Agent 数量的增加而减少 这是因为随着 Agent 数量的增加, 进行一致性协调的难度越大, 使 Agent 都采取合作策略的困难度越大, “众口难调”是对它的最好解释

3.2 Agent 博弈半径变化对结果的影响

当 Agent 的数量为 100, 博弈规则中 $P_{CD} = 20\%$, $P_{CC} = 2\%$ 时, Agent 的博弈半径分别为 1 和 10 情况下, 到第 100 个仿真周期时的仿真结果分别如图 3 和图 4 所示

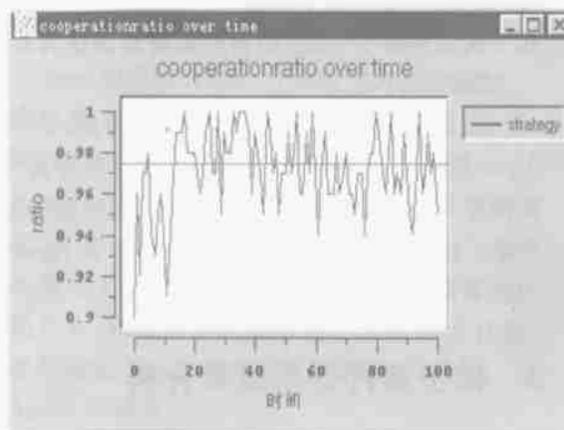


图 3 Agent 博弈半径为 1 时的仿真结果

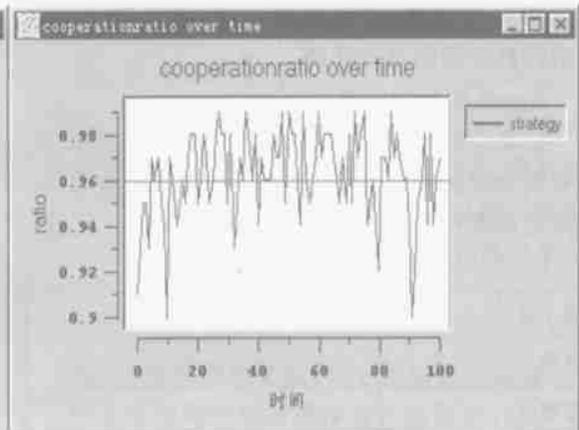


图 4 Agent 博弈半径为 10 时的仿真结果

图 3 和图 4 中 Agent 的合作比例基本相同,

都在 97% 左右, 博弈半径的变化对整个 Agent 群

体的收敛性影响不大,但当博弈半径增大时,图4中Agent合作度在平均合作比例上下波动的幅度要大于图3中的波动幅度,这说明Agent群体采用合作策略的数量变化幅度增大。它反映,随着Agent博弈半径的增大,Agent选择博弈对象,交互范围的增大,每个Agent的策略和行为对

Agent群体的影响增大,系统的稳定性降低

3.3 Agent 博弈规则变化对结果的影响

当Agent的数量为100,Agent的博弈半径为5,博弈规则中 P_{cc} 分别为1%和50%时,到第100个仿真周期时的仿真结果分别如图5和图6所示

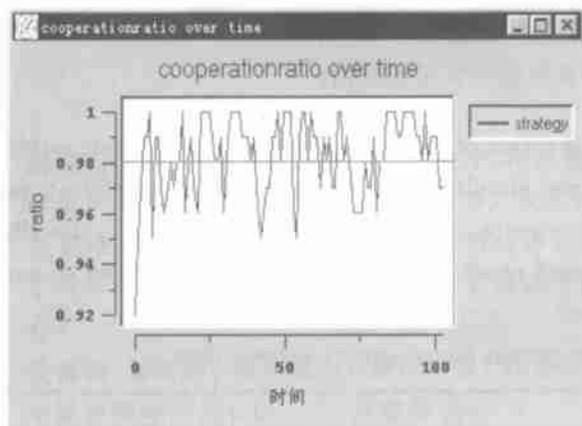


图5 P_{cc} 为 1% 时的仿真结果

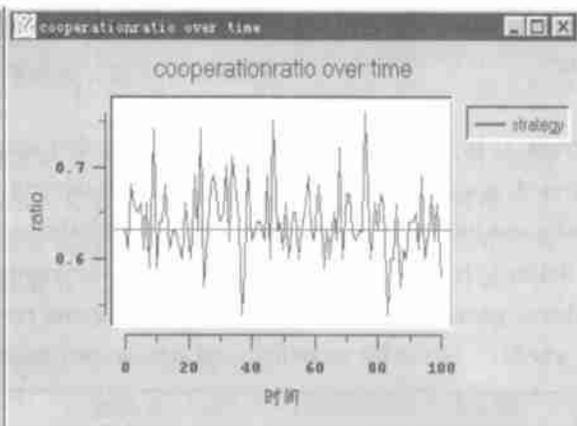


图6 P_{cc} 为 50% 时的仿真结果

从上两图可以明显看出,在 P_{cc} 为1%时,图5中Agent群体中采用合作策略的Agent比例为98%,远大于在 P_{cc} 为50%,63%的比例,曲线的波动幅度,前者也远大于后者。这说明学习博弈规则,哪怕是其中的一个小参数的改动,对Agent的行为影响也是巨大的

如果模型的可选策略数量大于2时,系统行为和表现将更加复杂,但前面几个因素的影响力仍然存在

4 结论

用基于多智能体的建模方法和SWARM仿真平台,对经济中的多人博弈问题进行研究。从仿真结果可以看出,这种方式适合于对经济系统中大范围内,数量巨大的经济人之间的简单博弈进行研究。通过对模型的扩展,还可以用它来研究信息不对称条件下的博弈,多人同时博弈,以及更为复杂的博弈问题

参考文献

- [1] 王寿云,于景元等. 开放的复杂巨系统[M]. 江苏: 浙江科学技术出版社, 1995. 32- 66
- [2] 谭跃进等. 复杂经济系统的空间动态建模方法[J]. 系统工程理论与实践, 1997, 10: 9- 13
- [3] Arthur W B, Durlauf S N. Introduction[C]. The Economy as an Evolving Complex System. New Mexico: Addison Wesley Press, 1997. 1- 15
- [4] 陈学彬. 宏观金融博弈分析[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 1999. 1- 9
- [5] 赵纯均, 华立. Multiagent 仿真与资源稀缺下的适应行为[J]. 管理科学学报, 1999, 2(4): 1- 7
- [6] 谢识予. 经济博弈论[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1997. 1- 12
- [7] 邓宏钟等. 用基于多智能体的整体建模仿真方法来研究复杂系统中的问题[J]. 系统工程, 2000, 4: 73- 78
- [8] Gelfand A E. Ensemble modeling[M]. New York: Marcel Dekker, 1984. 1- 6
- [9] Arthur W B. Complexity in economic and financial markets[J]. Complexity, 1995, 1(1): 489- 494
- [10] Kittock J E. Emergent conventions and the structure of multiagent systems[C]. The Economy as an Evolving

Complex System, New Mexico: Addison Wesley Press, 1993

[11] Epstein J M, Axtell R. Growing artificial societies[M]. Cambridge: MIT Press Brookings, 1997. 2-14

Simulation analysis of multi-person mixed game

DEN G Hong-zhong, TAN Yue-jin

System Engineer Research Institute, National University of Defence Technology, Changsha 410073, China

Abstract In this paper, through the analyzed of game action of economic object in the economic system, suggested using multiagent-based ensemble modeling and simulation method to analyze the multi-person mixed game problems in economy, using the platform of swam, built the game model—GAME, described and defined this model. At last, basing on the simulated result, the author analyzed the effect of game numbers, game radius and game rule on the game result.

Key words: ensemble modeling and simulation; multi-person mixed game; game radius

(上接第 76 页)

[4] 刘永清,周传世. 广东省产业系统的层级结构模型及应用[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(3): 117- 125

[5] Polenske K R, Chen Xikang. Chinese economic planning and input-output analysis[M]. Hong Kong and London: Oxford University Press, 1991

[6] 四川省统计局编. 1987年, 1990年, 1992年, 1995年, 1997年四川省投入产出表[R]. 四川

[7] 陈宏, 韩轶, 杨莉. 四川省国民经济关键部门的确定[J]. 系统工程, 2001, 19(6): 27- 33

Study on ripple effect and perturbation effect of indirect economy effect

CHEN Hong¹, HAN Yi²

1. Administration College of Electronics Technology University, Chengdu 610054, China;

2. Southwest University of Finance and Economics, Chengdu 610031, China

Abstract Both the variance of direct economy effect and the variance of the transmission factor of economy effect can cause the variance of the gross indirect economy effect of national economy. The former is called as ripple effect; the latter is called as perturbation effect. The paper discussed and studied the two effects. According to the data of the Sichuan province input-output from 1987 to 1997, the ripple effects and perturbation effects are studied. At the same time, a new way called as location chart by which we can category the ripple effects of individual divisions is put forward. After studying, we can come to a conclusion: in the different phases of the ten years, the main factors that stimulated the growth of gross national economy effect are different. In the prophase, the main factor is perturbation effect; in the metaphase, is ripple effect; in the anaphase, is the outcome of the ripple effect and perturbation effect.

Key words: indirect economy effect; transmission factor; direct economy effect; ripple effect; perturbation effect