

集成博弈和多智能体的人群工作互动行为研究^①

蒋国银^{1,2}, 胡 斌¹

(1. 华中科技大学管理学院, 武汉 430074 2. 湖北经济学院信息管理学院, 武汉 430205)

摘要: 基于进化博弈视角, 对人群工作互动行为进行多智能体模拟研究. 建立了收益和惩罚共享的群体工作收益博弈模型, 考虑工作个体的个性决策特征, 设计基于历史信息 and 个体决策特性的混合学习规则, 并用多智能体方法对群体工作场景进行描述. 在 RePast 类库基础上, 用 Java 实现该多智能体模拟系统. 模拟结果表明: 1) 群体规模对宏观工作趋势影响小, 但对合作频率影响大; 2) 工作总收益 b 越大, 越有利于工作人群的工作状态稳定. 当工作付出 c 与惩罚 d 相当时, 群体行为呈针锋相对态, 当工作付出大于惩罚时, 背叛占优, 反之, 则合作占优; 3) 工作难度对群体行为有影响. 高难度下, 群体行为不稳定, 获利低, 风险大, 而低难度下, 群体行为稳定, 获利高, 风险小; 4) 由具有不同比例决策特性个体组成的群体工作收益和状态各异, 保守型和中立个体较多时, 合作比例大, 而获利也多. 该研究可为电子/移动商务环境下的工作行为管理问题提供决策支持.

关键词: 进化博弈; 互动行为; 多智能体; 混合学习

中图分类号: C93 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2011)02-0029-13

0 引 言

随着电子商务的发展, 企业之间的竞争变得日益激烈, 团队协作成为企业间和企业内的一种有效工作方式. 通信技术的快速发展, 使得团队成员之间的沟通变得方便而快捷, 而团队成员的工作变得更加有弹性^[1]. 企业工作不再是简单的人—机结合物, 而是复杂、有机的人群工作互动管理系统^[2-3]. 企业人群与工作互动活动是随时间的动态协同演进过程^[4]. 在这种动态工作环境下, 如何设计工作任务, 选用团体成员, 引导群体合作行为, 是企业工作的重点.

国内外较多研究者从不同角度研究了群体与工作的互动行为. 1) 群体对任务绩效的影响. 有研究表明, 群体大小会影响任务和决策绩效^[5-6], 对加和性任务, 规模越大, 绩效提升越小, 如拔河; 对连接性任务, 规模与绩效成反比, 如文件处理,

需报送部门越多, 效率越低; 而对析取性任务, 规模大, 可能会产生正效果, 毕竟只要有一个人能提出较成功的决策方案, 整个任务就能完成. 魏光兴等^[7]研究表明, 团队规模适中的工作团队合作程度更高, 而规模太小或规模太大的工作团队合作程度都较低. Haas 和 Lagunoff^[8] 基于重复博弈理论, 探讨了异构和有限时间下, 不同群体规模和结构对合作的影响. 蒋国银等^[9] 引入时间过程, 考查了不同沟通方式下具有不同决策个性比例个体组成的企业群体对任务的影响. 2) 任务对人群工作的影响. 张剑等^[10] 用情景实验法研究了自我需求满足程度对个体创造性绩效的影响, 结果表明, 获得内容选择权的实验者, 自主需要得到较高满足, 反映出较高的内部动机, 产生更高的创造性. 严进和王重鸣^[11] 探讨了决策任务的结构、决策者自身的价值取向会影响决策者在社会两难问题中

① 收稿日期: 2009-06-22 修订日期: 2010-03-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70671048); 湖北省教育厅人文社科资助项目 (2010)091).

作者简介: 蒋国银 (1976-), 男, 湖北天门人, 博士生, 讲师. Email: guoyin_jiang@126.com

的合作行为.在此基础上,基于动态博弈视角,又探讨了电子商务环境下群体任务中合作行为的跨阶段演变问题^[1]. Timmermans和 Vlek^[12]证明了任务难度不但影响决策的过程,还影响决策辅助的作用.

上述研究从不同视角研究了群体和工作的单向影响关系,但对时间演进环境下,工作群体和工作之间的互动背景下的群体工作研究较少.尤其是当收益与风险共享时,不同决策特性人群构成群体对工作绩效的影响,以及不同工作参数和不同任务难度下,人群工作行为演化等问题的研究较少.

从研究方法来看,现有关于人群工作互动方面的研究主要利用静态的实验研究和数理推演,这些方法是自上而下的研究方法,所建模型存在以下问题: 1)所建模型为静态模型,当系统边界发生改变时,模型缺乏自适应调整特性; 2)对不同的工作参数,需重新建模和推演,缺乏可重用性; 3)所建模型常用于描述单期行为,难于描述多期宏观涌现行为.

群体工作演化行为具有动态性,人群工作过程是复杂的管理问题,具有非线性特征.多智能体模拟方法适用于复杂系统建模,是自底向上的方法,能描述复杂系统动态演化行为.本文基于进化博弈和多智能体模拟方法,建立人群工作互动模拟系统,探讨不同工作参数设置下,群体成员的随时间的沟通学习时工作状态的演化规律,也探讨不同群体搭配对工作绩效的影响.

1 问题描述

群体工作中,个体可能持合作和背叛两种态度.当群体中两类群体的竞争与合作关系犹如“雪堆”博弈场景,可用表 1 所示博弈矩阵描述^[5].

表 1 “雪堆”博弈矩阵
Table 1 Snowdrift Game matrix

个体 1	个体 2	
	合作	背叛
合作	$b-c/2, b-c/2$	$b-c, b$
背叛	$b, b-c$	$0, 0$

注: b 为工作总收益, c 为工作成本.

考虑两个个体决策特性一样,则表 1 可能有两个纯策略纳什均衡,“合作,合作”和“背叛,背叛”,这两个均衡中,前者明显强于后者,事实在实际场景中,有可能达不到这个均衡.在群体工作中,如果有风险偏好较高的个体,他们可能持搭便车的思想,反正事情有人完成,偷偷懒,只要不被发现或者没有惩罚,他们可能会采取背叛策略,不用付出,也能收益 b 但如果对方都持冒险态度,此时可能达到最坏均衡,即“背叛,背叛”,事情没人做,各方收益为 0

为避免部分个体采取背叛策略,同时调动成员积极性,管理者可能采取监控和惩罚机制,以控制个体投机行为,这时,联盟收益矩阵可能为表 2 所示决策情形.

表 2 含惩罚参数的博弈矩阵
Table 2 Game matrix with Punishment Parameter

个体 1	个体 2	
	合作	背叛
合作	$b-c/2, b-c/2$	$b-c, b-d$
背叛	$b-d, b-c$	$0, 0$

注: b 为工作总收益, c 为工作成本, d 为对背叛策略者给予惩罚大小.

令 x 为合作比例,则有

合作期望收益 P_c

$$P_c = x(b-c/2) + d(1-x) \tag{1}$$

背叛期望收益 P_d

$$P_d = x(b-d) \tag{2}$$

群体平均收益 \bar{P}

$$\bar{P} = xP_c + (1-x)P_d \tag{3}$$

此时群体中个体容易得到有效的博弈均衡点为

$$x = \frac{b-c}{b-c/2-d} \tag{4}$$

可以得出,当 $b > c > 2d$ 时,是合作占优的格局,而当 $b < c < 2d$ 时,是针锋相对格局.因此,如果群体博弈为表 2 情形,不考虑个性特征,容易得出进化趋势.但在实际场景中,群体工作是学习和演化的过程,属于进化博弈范畴,是一类有限理性群体进行重复博弈,相互学习,不断演化的过程^[9-13].考虑群体中个体的付出和风险都分摊,此时,工作群体中个体收益变为如表 3 所示情形,当 $n=2$ 时,表 3 退化为表 2.表 3 不失一般性.

表 3 成本分摊的博弈矩阵
Table 3 Gamematrix with cost sharing

个体 1	个体 2	
	合作	背叛
合作	$b - c/nx, b - c/nx$	$b - c/nx, b - d/(n(1-x))$
背叛	$b - d/(n(1-x)), b - c/nx$	0 0

注: b 为工作总收益, c 为工作成本, d 为对背叛策略者给予惩罚大小, n 为工作群体总数, x 为合作人群比例。

于是, 合作期望收益 P_c

$$P_c = b - c/nx \quad (5)$$

背叛期望收益 P_d

$$P_d = x [b - d/(n(1-x))] \quad (6)$$

群体平均收益 \bar{P}

$$\bar{P} = xP_c + (1-x)P_d \quad (7)$$

博弈均衡方程为

$$b - \frac{c}{nx} = x \left(b - \frac{d}{n(1-x)} \right) \quad (8)$$

即

$$bnx^2 - (2bn - d)x + (bn + c)x - c = 0 \quad (9)$$

群体中个体不易得到均衡点, 而且, 考虑群体中个体差异时, 个体之间的模仿过程不一样, 不能用式(4) - (9)所示的复制动态方法获取到行为进化过程和求解出收益大小。

在工作群体中, 成员决策态度各异, 主要分为 3 类个体: 1) 保守型. 该类不易受其他个体影响, 比较坚持自己策略; 2) 中立型. 该类个体不盲目追随高收益个体, 兼顾参考高收益个体行为和自身决策行为; 3) 易变型. 其策略易受其他个体影响, 对相同类型个体做决策时参考度大些, 而对不同类型个体参考度较小, 同时较少考虑自身过去历史信息。

通常认为, 社会网络是由个体之间或人群之间在相互交往过程中按照某种方式组织和联系起来的一个整体^[14], 比如个人之间的友谊网络、企业间的商业关系网络^[15]、科研网络^[16]. 可将工作团队看成社会网络, 他们是为完成工作组合而成, 可将团队成员视为网络上节点, 成员的联系或交往程度用边来描述. 因此, 网络中的工作个体能感受邻居的工作行为, 而对网络的全局信息了解不到, 因此, 群体工作动态演化也不能简单的利用式(4) - (9)描述。

与定性分析、数学建模和实证研究方法不同, 模拟的方法能描述复杂经济管理场景中动态演化过程, 是自底向上建模分析的方法. 多智能体建模方法是流行的复杂系统建模方法, 多智能体模型能使研究者创造、分析和再现复杂系统中个体之间, 个体与环境之间的互动现象^[17]. 本文将集成进化博弈、社会网络和多智能体理论, 对人群工作互动关系进行实验研究, 以探讨下列问题: 1) 团队成员数对团队绩效及工作状态的影响; 2) 工作参数(收益、付出、惩罚及任务难度)对团队个体决策行为的影响; 3) 工作群体中具有不同决策特性工作个体比例构成对工作绩效和工作状态的影响。

2 系统建模

用 A_{gen} 代表工作群体中个体, 这些个体持何态度(合作态度或持背叛态度)与其自身特性和工作群体策略有关. 一般个体自身特征分为 3 类, 即保守型、中立型和易变型. 整个团队工作是不同时刻个体之间互动博弈的过程。

2.1 基本模型

用 A_{gen} 表示具有独立决策的个体, 用网络表示 A_{gen} 工作环境, 网络中节点为单个 A_{gen} , 他们之间有关联, 通常, 根据任务的难度和平常的性格特征建立工作关系, 即存在关联. 高难度任务, 成员之间关联度高些, 反之, 低难度任务, 关联度小。

定义 1 $A_{gen} = \{ \Omega, S, C, P, T, \Phi, F, t \}$

其中

1) Ω 为工作团队, 为 A_{gen} 集合, 有 $\Omega = \{ A_{gen}^1, A_{gen}^2, \dots, A_{gen}^n \}$

1 个 A_{gen} 对应 1 个工作个体;

2) S 为状态空间, $S = \{ C, D \}$; C 为合作状态, D 为背叛状态. 本系统中用 A_{gen} 上颜色区分其工作状态。

3) C 为个体决策特征, $C = \{ 1, 2, 3 \}$, 其中 1 表示保守型, 2 表示中立型, 3 表示易变型, 在模拟系统中, 用标签方式在 A_{gen} 的上标注其所属类型。

4) P 为 A_{gen} 与其他 A_{gen} 的协同工作概率, 即该 A_{gen} 愿意与其他 A_{gen} 有效地协调合

作、共享信息的程度. 在系统中用连接关系表示两 Agen能协作.

5) Φ 为 Agen局部邻居空间函数, 有

$$\Phi = \{ \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n \}$$

其中, $\Phi_i = \{ Agent_t \rightarrow Agent_j \}$, 即 Φ 由 Agen与其协同工作的 Agen组成. 本系统中, 用网络上该 Agen节点的入度节点构成 (即连接该节点的所有节点).

6) F为状态转移函数, 有

$$F : \{ (C, P, \Phi^i) \rightarrow S^j \} \times t \rightarrow S^{(t+1)}$$

即 Agenⁱ在 t+1时刻的状态与 t时刻自身特征、策略以及领域 Agen状态有关.

7) 为系统时钟, 有 $t = \{ 1, 2, 3, \dots \}$, 是模拟系统的基础.

对团队收益集合, 用表 3所示收益表描述. 在系统中 B C D表示收益表中参数 b, c, d

2.2 规则设定

1) 网络构建规则

系统根据任务的难度, 按一定的概率分布为网络上节点之间进行概率连接. 难度大的任务, 如时间要求紧迫的任务, 需要员工充分协作才可能完成, 故用高概率进行节点连接. 在本系统中, 此类网络节点连接概率为 $I(1) \sim \text{Uniform}(0.2, 0.3)$. 反之, 对难度小的任务, 员工之间相对独立工作, 协作率较低, 则节点之间的连接概率较小, 为 $I(2) \sim \text{Uniform}(0.1, 0.2)$, 而对难度适中的任务, 节点连接概率也适中, $I(3) \sim \text{Uniform}(0.0, 1)$.

2) 工作群体收益分配规则

设系统中总员工数为 n, 持合作态度员工比例为 x, 则持背叛态度的群体比例为 1-x. 当合作数大于 0 时, 则合作群体中个体收益为 $b - c/(nx)$, 而背叛方个体收益为 $b - d/(n(1-x))$, 若全部都采取背叛态度, 则个体收益均为 0.

3) 演化规则

与传统网络中扩散行为不同, 本系统考虑网络中所有个体在某刻受自身特征和邻近个体的影响, 对下期行为是否合作进行决策. 由于个体只能感知邻近行为, 对整体状况不了解, 因此, 系统中个体表现出一种学习行为, 通过自身历史知识和邻居传递的信息进行决策. 关于学习算法较多, 如以局部进化稳定策略和复制动态等为依据的学习

方式^[18], 这些方式有一定合理性, 但把个体描绘为只受周围个体的总体影响, 而忽略个体自身特征和历史信息^[9], 本文设计了结合考虑个体自身, 近邻特征以及历史信息的混合学习模式.

用概率分布描述 3类特征个体策略改变阈值, 记为 $P_i (i = 1, 2, 3)$, 分别为保守型、中立型和易变型个体的策略改变阈值.

定义 2 各类型个体策略改变阈值 P_i 服从概率分布, 即 $P_i \sim \text{Uniform}(a, b)$. $i = 1, 2, 3$ 时, 本系统中, $P_1 \sim \text{Uniform}(0.8, 1)$, $P_2 \sim \text{Uniform}(0.3, 0.8)$, $P_3 \sim \text{Uniform}(0, 0.3)$.

工作群体中的个体, 除了按自己的性格特征进行策略改变, 更主要的可能是通过工作关系, 模仿邻居中某个体行为. 通常可用个性匹配方式表示模仿程度, 即个体 P效仿个体 P_j 的决策的程度. 本文采取个性概率匹配方式.

定义 3 个体概率匹配度为

$$\text{Mapping}(P_i, P_j) \in (0, 1), \quad i = 1, 2, 3, \quad j = 1, 2, 3$$

本文中, 令 $\text{Mapping}(P_1, P_1) = \text{Uniform}(0.8, 1)$, $\text{Mapping}(P_2, P_2) = \text{Uniform}(0.8, 1)$, $\text{Mapping}(P_3, P_3) = \text{Uniform}(0.8, 1)$, $\text{Mapping}(P_1, P_2) = \text{Uniform}(0.3, 0.8)$, $\text{Mapping}(P_2, P_3) = \text{Uniform}(0.3, 0.8)$, $\text{Mapping}(P_1, P_3) = \text{Uniform}(0, 0.3)$.

从个体的邻域中, 以概率方法选出最大总收益的邻居为模仿对象. 模仿概率为

$$P(j \rightarrow i) = \frac{1}{1 + e^{-(u_j - u_i)/k}} \tag{10}$$

其中, u_j 为邻域中以个性匹配方式筛选到最大的个体累积收益; u_i 为学习者累积收益; k为信息噪声^[19], 其值越大, 模仿概率 P越小, 当 $k \rightarrow \infty$ 时, $P \sim 1/2$. 此时, 是一种抛硬币模仿方式, 而当 $k \rightarrow 0$ 时, $P \sim 1$. 此时是高概率模仿方式.

如果模仿成功, 此时, 个体下一期的策略与被模仿者当期策略一致; 若不在模仿概率内, 说明选择模仿失败, 此时个体将按概率和自己的判断选择改变, 选择改变策略的概率为超出性格阈值的概率. 由于个体并不知道整个工作群体的合作状态, 只能以局部邻域策略整体现状进行决策. 设在局部, 合作数为 c_n , 不合作数为 d_n . 考虑邻居也可能发生改变, 以一定比例考虑两类人数的变化, 此时当 $b - c/(c_n) > b - d/(d_n)$ 时, 该个体选择合作态度, 反之, 选择背叛态度. 若改变概率低, 则该

个体选择延续现有策略。

3 模拟系统及模拟实验

3.1 模拟系统

Recursive porous agent simulation toolkit (Repast^[20]) 是 Agent 模拟工具套件, 广泛用于复杂系统建模与仿真, 较之其他用于 Agent 建模的模拟软件, 如 swam anylogi 等, 它具有更好的开

源性和系统集成等特点^[21], 具体说明和开发示例可参考文献 [20]。本文基于 Repast 提供的 Java 类库框架, 在 Eclipse 开发环境上用 Java 实现人群工作互动模拟系统, 其系统界面如图 1 所示。该模拟系统主要包含 3 个类文件: 一个 CModel 文件用于构建基本的模型, 能创建用户图形接口, 控制模型的初始化、参数设置和各种运行状态; CEdge 类文件用于定义工作网络的边; CNode 类文件用于定义工作网络中的节点 (Agent)。

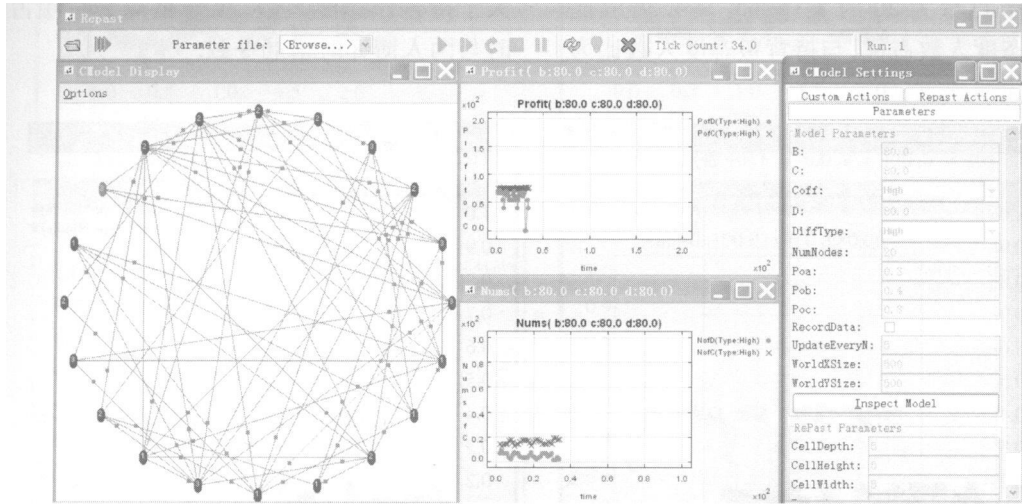


图 1 模拟系统用户接口

Fig 1 UI of simulation system

图 1 中左下区为 Agent 演化显示区, 中间为合作、背叛 Agent 数变化图与合作、背叛 Agent 利润变化图, 右边为模型参数设置区, 其中 b c d 分别为收益表中的 b 和 d DiffType 为工作任务难度, 有 3 个选项, High Middle 和 Low NumNodes 为网络节点 (Agent) 数, Poa Pob Poc 分别为保守, 中立和易变型 Agent 数比例。表 4 为系统参数设置。

表 4 模拟系统参数

Table 4 The parameter of simulation system

参数	说明	默认值
b	工作收益	100
c	参与工作人员总付出成本	80
d	不参与工作人员总惩罚成本	80
Poa	保守型工作个体比例	0.3
Pob	中立型工作个体比例	0.4
Poc	易变型工作个体比例	0.3
NumNodes	总工作人数 (网络节点数)	40
DiffType	任务难度 (DiffMiddle Low)	Middle

3.2 模拟实验

由于模拟数据较多, 篇幅的原因, 将采用典型图示和数据进行说明 (200 期)。

3.2.1 成员数对工作状态的影响

图 2 为节点数为 20、40 和 60 时工作群体中合作与背叛人数变化图 (200 期), 从宏观趋势来看, 3 组节点数下, 合作与背叛的趋势一致。当 $c < d$ 时, 此时总的成本超出总的惩罚, 群体表现为合作者占优, 即合作人数多于背叛人数。随着节点数的增加, 合作占优趋势愈发明显。而 $c = d$ 时, 呈针锋相对格局, 即部分人群在某时刻合作, 当观察到对方呈背叛态, 下一时刻可能也呈背叛态。当 $c > d$ 时, 总的惩罚高于成本, 此时, 呈背叛态度人数较多。

由图 2 可以看出, 节点数较少, 状态扩散越快, 群体行为变化较快 (具有两面性, 正确引导, 工作人群能快速收敛到合理的工作状态, 否则, 工作人群状态将呈无序变化)。随着节点数增加, 群体学习或状态扩散较慢。因此, 节点数将影响状态

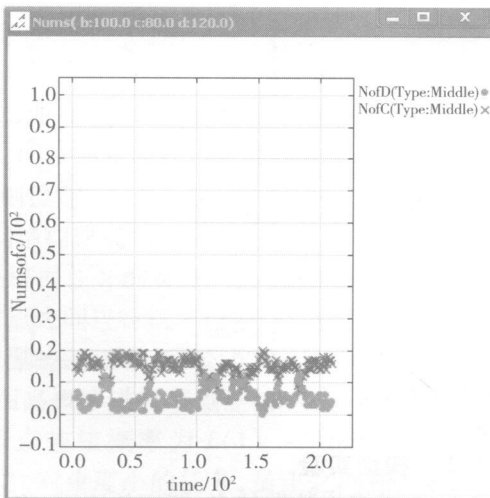
扩散的快慢. 这也是为什么管理团队要适当控制规模的一方面原因.

采集 200期模拟数据, 可以得到表 5所示统计数据. 可以看出, 在不同节点数下, 当 c 与 d 相当时 ($c = 120, d = 120$), 工作群体中持合作态度与持背叛态度人数为逐渐弱化的针锋相对格局. 当节点数为 20 时, 工作群体中两类人群比例接近 1: 1, 方差较小, 是典型的针锋相对格局, 而当节点数增加到 40 时, 两类人数变化趋势持弱针锋相对格局, 方差较节点数为 20 时大 ($0.65 > 0.56$) 此时, 持合作态度人数占优, 与持背叛态度人数比为

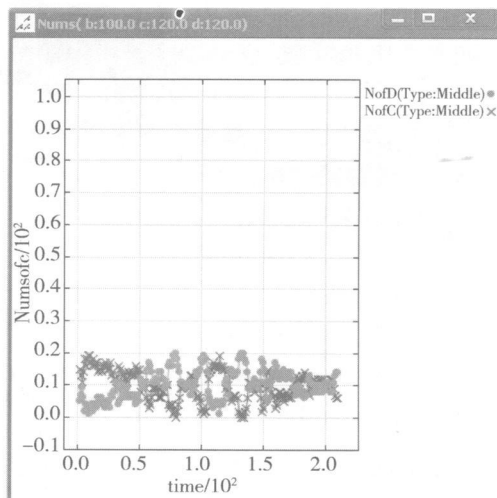
2: 1 左右, 而当节点数增加到 60 时, 两类比例为 7.83: 1.

当 $c < d$ 时, 在不同节点数下, 持合作态度人数大于持背叛态度人数, 工作格局为合作占优, 此时与两人博弈时格局一致. 在工作人群总数相对较少时, 两类人群数变化方差较小, 合作占优且较稳定, 而当人数增加, 方差变大, 合作占优但较不稳定.

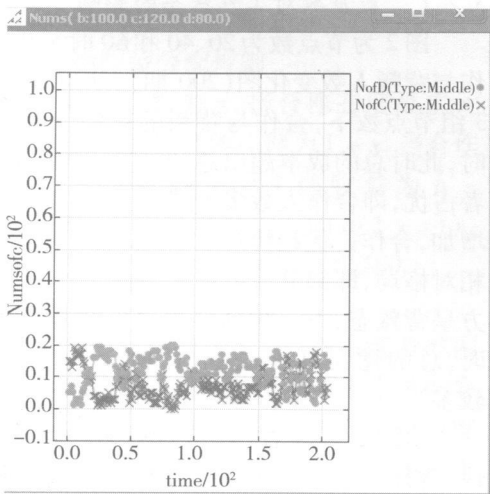
当 $c > d$ 时, 不同节点数下, 持背叛态度人数大于持合作态度人数, 工作格局为背叛占优, 此时与两人博弈时格局一致.



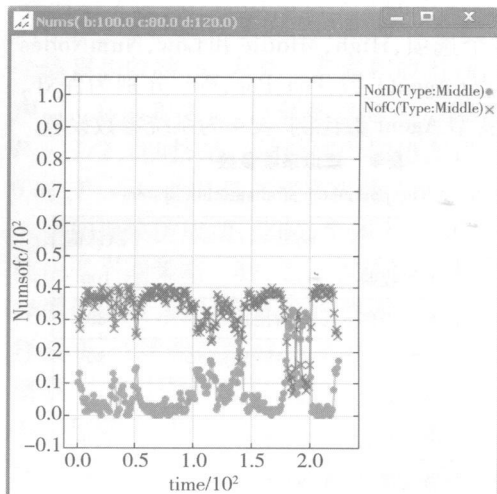
(a) 节点数 20 ($b = 100, c = 80, d = 120$)



(b) 节点数 20 ($b = 100, c = 120, d = 120$)



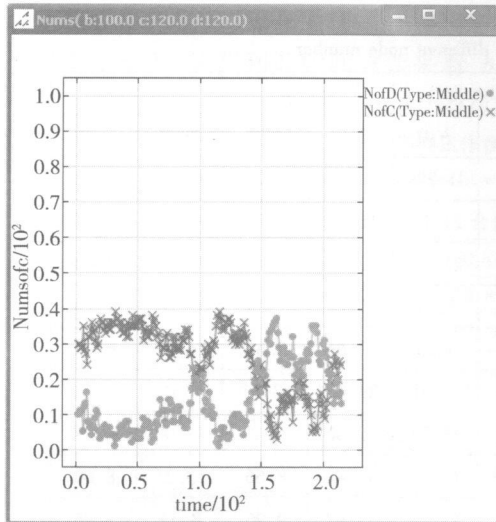
(c) 节点数 20 ($b = 100, c = 120, d = 80$)



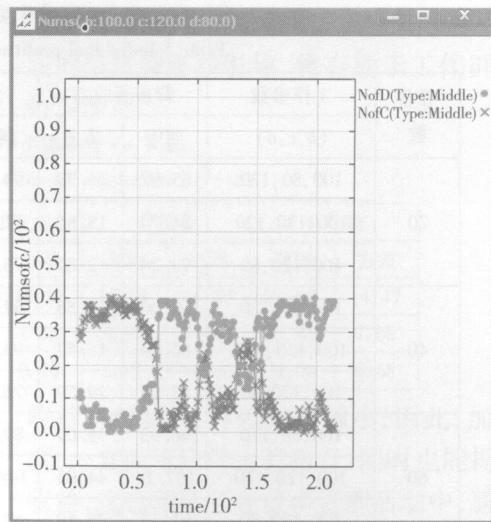
(d) 节点数 40 ($b = 100, c = 80, d = 120$)

图 2 (a) - (d) 不同节点规模下的群体行为

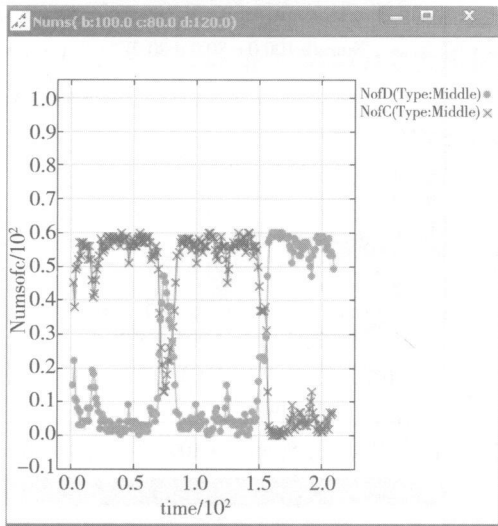
Fig. 2 (a) - (d) Group behavior with different group sizes



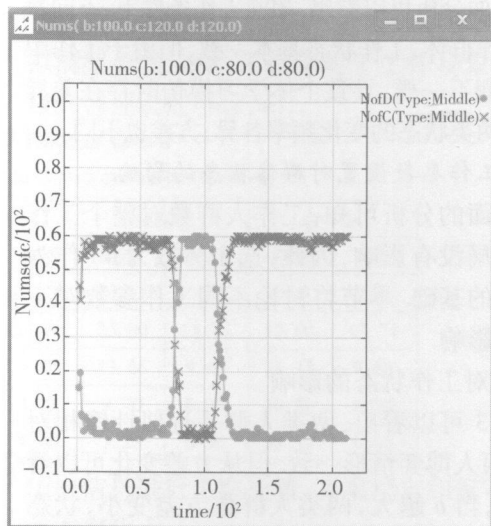
(e) 节点数 40 ($b = 100, c = 120, d = 120$)



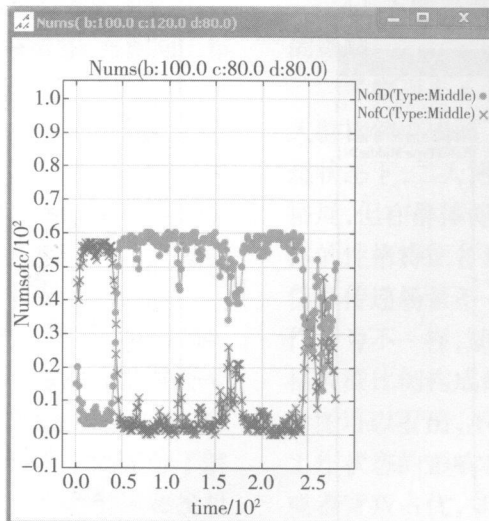
(f) 节点数 40 ($b = 100, c = 120, d = 80$)



(g) 节点数 60 ($b = 100, c = 80, d = 120$)



(h) 节点数 60 ($b = 100, c = 120, d = 120$)



(i) 节点数 60 ($b = 100, c = 120, d = 80$)

图 2 (e) - (i) 不同节点规模下的群体行为

Fig. 2 (e) - (i) Group behavior with different group sizes

表 5 不同节点数下的个体收益

Table 5 Individual profit with different node numbers

节点数	工作参数	背叛者收益		合作者收益		背叛数		合作数	
	(b, c, d)	期望	方差	期望	方差	期望	方差	期望	方差
20	100 80 120	65.92	26.99	94.37	1.29	5.17	2.78	14.83	2.78
	100 120 120	81.74	18.85	81.13	21.14	10.04	4.56	9.97	4.56
	100 120 80	90.24	12.87	75.67	21.95	12.26	4.42	7.75	4.43
40	100 80 120	58.90	37.58	97.22	1.54	7.32	7.74	32.69	7.74
	100 120 120	84.04	15.57	93.90	5.23	13.66	9.65	26.35	9.65
	100 120 80	88.65	19.59	76.32	31.91	23.00	13.71	17.00	13.71
60	100 80 120	66.93	35.03	89.01	23.22	19.00	22.21	41.00	22.21
	100 120 120	107.14	44.05	148.43	0.46	6.80	8.66	53.21	8.66
	100 120 80	91.35	25.50	60.07	35.02	51.67	9.96	8.34	9.96

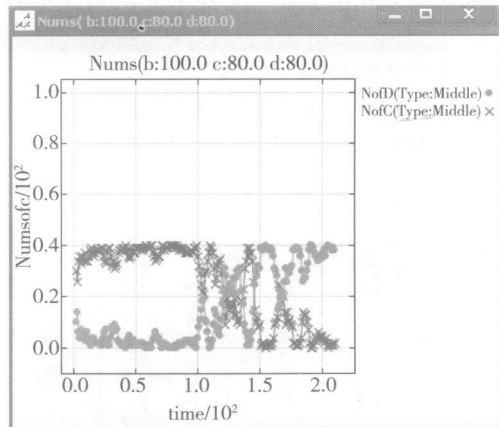
由上面分析可以看出, 相同工作条件下, 不同参与人的工作群体, 工作状态基本一致. 但由于工作中的期望利润不一样, 导致个体学习模仿时存在差异性. 因此, 两类状态的变化频率各异, 方差也不同.

3.2.2 工作参数设置对群体状态的影响

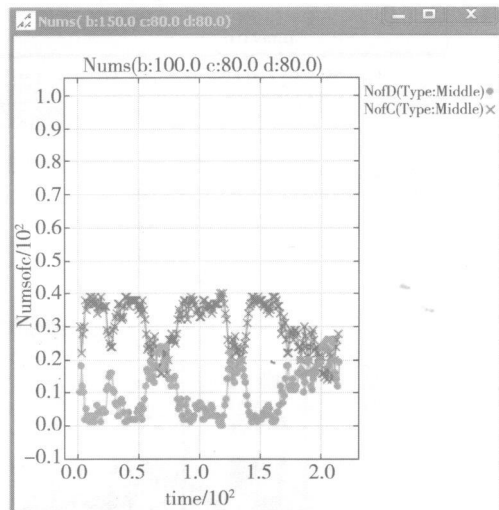
由上面的分析可知, 工作人群数对整个工作的宏观格局没有影响, 因此, 选个体数为 40 作为数据采集的基础. 本节将讨论不同工作参数对工作状态的影响.

1) b 对工作状态的影响

由图 3 可以看出, 两类人群是近似针锋相对状态, 与两人博弈情形一致. 但从方差变化可以看出 (表 6), 当 b 越大, 两类人群数方差变小, 状态变化较小, 说明 $b - c/(nx)$ 和 $b - d/(n(1-x))$ 的差值越大, 工作人群的工作行为越稳定. 反之, 工



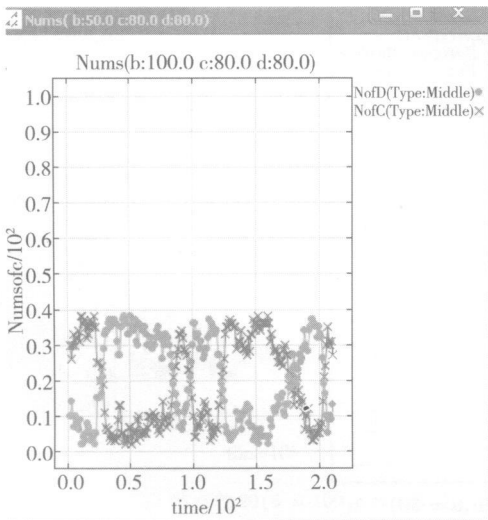
(b) 节点数 40 ($b = 100, c = 80, d = 80$)



(c) 节点数 40 ($b = 150, c = 80, d = 80$)

图 3 (a) - (c) b 对群体行为影响图

Fig. 3 (a) - (c) The effect of b on group behavior



(a) 节点数 40 ($b = 50, c = 80, d = 80$)

作人群状态变化大. 这种现象与现实工作中场景一致, 如获益较大的场合, 大家都稳定于合作工作

状态, 而对获益较小的工作, 工作人群重视程度也低, 工作状态变化也大. 从获利期望和方差来看, β 的增加, 背叛方期望收益增大, 但方差也大, 即

风险变大, 而合作方收益变大时, 风险却小. 因此, 一定的信息披露和引导, 将有助于工作群体向合作行为演化.

表 6 不同工作参数下个体收益 ($c = d$)

Table 6 Individual Profit with different Parameters ($c = d$)

工作参数 b, c, d	背叛者收益		合作者收益		背叛数		合作数	
	期望	方差	期望	方差	期望	方差	期望	方差
50 80 80	32.96	19.99	38.89	18.14	15.94	14.47	24.07	14.47
100 80 80	81.73	18.54	97.20	1.22	8.57	7.08	31.43	7.08
150 80 80	128.86	24.34	147.28	0.70	8.93	6.68	31.08	6.68

2) c, d 对工作状态的影响

当 $c > d$ 时, 由表 7 可以看出, 背叛状态占优, 而 d 值越小, 背叛占优程度越大. 当 $c \leq d$ 时, 合作人数占优, 说明在群体工作中, 通过学习和状态扩散, 群体能收敛到与两人博弈时一致, 即工作付出大于惩罚, 群体稳定于背叛, 而当惩罚力度大于付出, 群体倾向于合作. 随着 d 的逐渐增大, 合作数

收益不断增加, 方差越来越小, 因此, 加大惩罚力度, 一方面可以打击背叛者, 同时也能提高合作者收益, 这也印证了在较多管理活动中, 通过加大惩罚力度, 能有效控制非法和规范不合理行为.

通过各表和上述简单分析, 说明本文所提模拟模型合理, 该系统能应用于工作场景中各类参数的合理设定 (b, c, d).

表 7 不同工作参数下个体收益 ($c \neq d$)

Table 7 Individual Profit with different work Parameters ($c \neq d$)

工作参数 b, c, d	背叛者收益		合作者收益		背叛数		合作数	
	期望	方差	期望	方差	期望	方差	期望	方差
100 120 40	97.76	9.85	70.79	25.76	33.11	5.06	6.90	5.06
100 120 80	88.65	19.59	76.32	31.91	23.00	13.71	17.00	13.71
100 120 120	84.04	15.57	93.90	5.23	13.66	9.65	26.35	9.65
100 120 160	67.67	29.74	95.06	4.72	9.70	8.35	30.30	8.35
100 120 200	49.51	46.95	96.06	1.66	7.28	6.06	32.72	6.06

3) 任务难度对工作状态的影响

由表 8 可以看出, 在 3 种工作难度下 (高、中和低, 分别用 H, M 和 L 表示), 随着惩罚参数 d 增加, 背叛人数不断减少, 而合作人数不断增加. 而相同工作参数下, 不同任务难度, 工作人群状态不相同. 当 $c > d$ 时, 高难度任务下, 背叛人数较中低难度任务下多, 而方差也大, 合作和背叛者收益随任务难度的降低而增加, 而风险 (方差) 却逐渐降低. 当 $c \leq d$ 时, 随着任务难度的降低, 合作人数占优趋势变大, 方差变小, 平均利润增加, 而获利风险却降低.

历史信息进行工作决策, 寻求稳定和保守的做法, 状态变化小.

4) 不同决策性格工作人群组成对工作绩效的影响

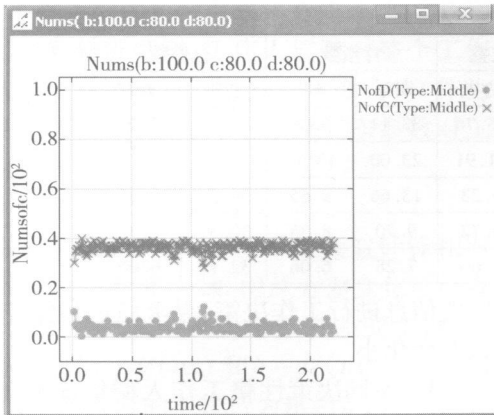
因此, 可以看出, 任务难度低, 能产生高利润, 且风险低. 对任务难度高的工作, 工作人群状态变化大, 相对不稳定, 期望利润低, 利润风险 (方差) 也大. 在高难度任务中, 工作个体由于能充分了解周围的工作状态, 存在两面性, 受正确引导和投机诱导的可能性都大, 工作状态变化大, 而在低任务工作中, 由于了解他人信息少, 个体主要依靠个人

考察当 $b = 100, c = 80, d = 80$ 时, 不同性格人群比例组成的工作群体对工作状态的影响. 理想状态下, 二人博弈的工作状态下是针锋相对的格局, 但在群体博弈的工作环境中, 由于群体中个体的性格特征各异, 导致群体工作时, 相互学习和信息传递场景不一样, 即扩散过程不一样, 最终工作行为不一样. 如图 4 所示, 该系列图示为不同性格人群比例构成的工作群体的工作状态变化图. 由图可以看出, 不同性格比例构成的工作群体对工作状态的影响有差异. 当比例不均匀时, 呈合作或者背叛占优, 如组合 $0.8, 0.1, 0.1$ 和 $0.6, 0.2, 0.2$ 呈合作占优, 而组合 $0.2, 0.2, 0.6$ 和 $0.1, 0.1, 0.8$ 呈背叛占优.

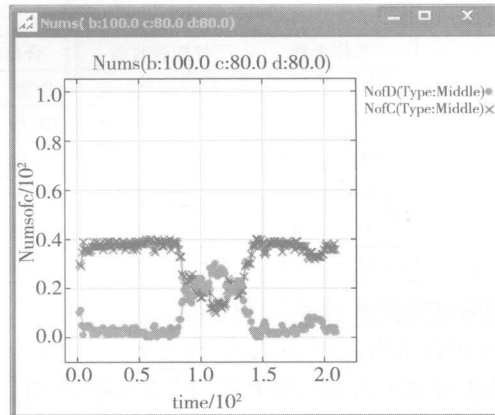
表 8 不同任务难度下个体收益

Table 8 Individual Profit with different work difficult

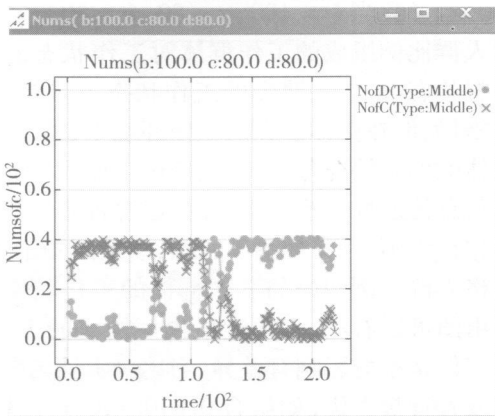
工作参数 b, c, d	难度	背叛者收益		合作者收益		背叛数		合作数	
		期望	方差	期望	方差	期望	方差	期望	方差
100 120 40	H	80.09	38.89	25.75	40.14	37.25	3.82	2.75	3.82
100 120 40	M	97.76	9.85	70.79	25.76	33.11	5.06	6.90	5.06
100 120 40	L	98.78	0.22	78.16	12.68	33.29	2.94	6.71	2.94
100 120 80	H	72.75	40.30	50.42	42.65	29.51	13.65	10.49	13.65
100 120 80	M	88.65	19.59	76.32	31.91	23.00	13.71	17.00	13.71
100 120 80	L	97.14	0.49	88.62	3.69	28.50	3.35	11.51	3.35
100 120 120	H	21.14	39.66	96.76	0.44	2.51	3.67	37.50	3.67
100 120 120	M	84.04	15.57	93.90	5.23	13.66	9.65	26.35	9.65
100 120 120	L	55.70	26.16	96.68	0.26	3.66	2.30	36.35	2.30
100 120 160	H	35.59	57.52	67.91	42.63	17.68	17.01	22.33	17.01
100 120 160	M	52.77	44.05	95.83	2.43	7.95	7.34	32.06	7.34
100 120 160	L	58.92	30.53	96.50	96.50	5.45	2.92	34.56	2.92
100 120 200	H	-0.78	67.39	83.51	31.81	8.86	14.37	31.15	14.37
100 120 200	M	49.51	46.95	96.06	1.66	7.28	6.06	32.72	6.06
100 120 200	L	50.26	37.94	96.51	0.27	5.41	2.50	34.60	2.50



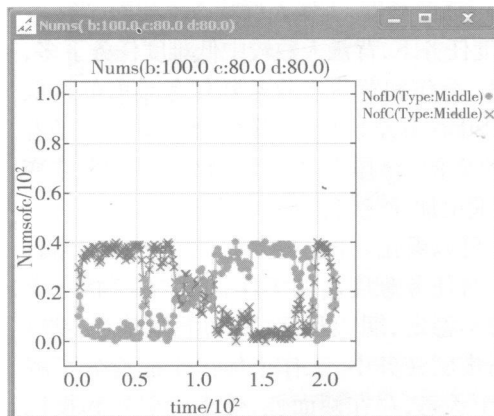
(a) 不同性格群体组合比例 0.8, 0.1, 0.1



(b) 不同性格群体组合比例 0.6, 0.2, 0.2



(c) 不同性格群体组合比例 0.2, 0.6, 0.2



(d) 不同性格群体组合比例 0.1, 0.8, 0.1

图 4 (a) - (d) 不同性格比例群体构成时群体行为图

Fig. 4 (a) - (d) Group behavior with different decision-making characteristic group

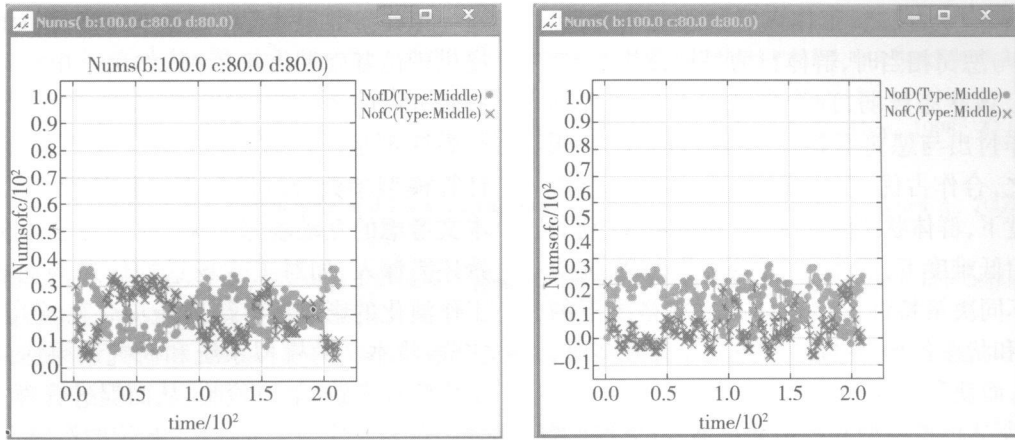


图 4 (e) - (f) 不同性格比例群体构成时群体行为图

Fig 4 (e) - (f) Group behavior with different decision making characteristic group

整理原始模拟数据, 得到表 9 所示统计数据。可以看出, 当保守型和中立型个体比例占优, 合作人数大于背叛人数, 而此时合作人员期望收益也远高于背叛人员期望收益, 而且获利风险(方差)也低。而当易变型个体占优时, 合作人数下降, 合作平均收益降低。因此, 在 \leq 的工作中, 考虑群体配备时, 管理者应该适当考虑使用保守型和中立型人员数多于易变型个体数的人群分布, 将有

利于工作开展, 同时也能使合作个体在低风险下获取高收益。而当保守型成员过多, 在 $>$ 的工作场合下, 也容易导致工作团体过快地进入背叛占优的格局。

因此, 为了能迎合不同工作格局, 适度人员比例的配备, 如 (0.3 0.4 0.3) 的组合将有利于工作团体快速达到稳定状态, 而不是过度偏执收敛于某一种状态, 如图 3(b) 所示情形。

表 9 不同决策特性群体比例下个体收益

Table 9 Individual profit with different decision making characteristic group

参数 p _a p _b p _c	背叛者收益		合作者收益		背叛数		合作数	
	期望	方差	期望	方差	期望	方差	期望	方差
0.8 0.1 0.1	45.67	28.49	97.89	0.09	1.95	1.44	38.06	1.44
0.6 0.2 0.2	68.47	28.96	97.21	1.20	7.81	8.51	32.19	8.51
0.3 0.4 0.3	81.73	18.54	97.20	1.22	8.57	7.08	31.43	7.08
0.2 0.6 0.2	89.60	12.73	94.89	7.48	15.09	10.14	24.92	10.14
0.1 0.8 0.1	86.59	19.64	90.36	17.33	16.60	12.53	23.40	12.53
0.2 0.2 0.6	95.07	4.36	89.80	10.10	24.45	11.12	15.55	11.12
0.1 0.1 0.8	93.84	7.33	88.82	11.06	24.81	12.19	15.19	12.19

4 结束语

为揭示在不同工作设置(工作的收益、惩罚、协同工作环境和任务难度等)下, 团队工作行为的动态演化规律, 以及不同团队构成对工作的影响等, 基于进化博弈理论, 利用多智能体模拟对人群工作互动关系进行了研究。在群体工作框架下, 考虑工作个体的决策个性, 建立基于历史信息和

个体特性的混合学习规则, 基于 Repas 图形类库框架, 用 Java 实现模拟系统。该模拟系统可辅助决策者进行人群工作环境下的模拟实验, 有效地采集不同模型参数下仿真数据、统计与跟踪以及性能指标的观测。

通过分析模拟数据, 可以得出: 团队规模对工作的宏观趋势没有影响, 但对微观合作频率有影响; 工作设置对群体状态的影响, $b - c/(n \times)$ 和 $b - d/(n(1 - x))$ 的差值越大, 越有利于工作人群

的工作状态稳定,反之,工作人群状态变化大,当工作付出与惩罚相同时,群体行为呈针锋相对态,而增大,该状态越弱,向合作或者背叛占优转移,当工作付出与惩罚不等时,工作付出大,背叛占优,反之,合作占优.工作难度对群体行为有影响,高难度下,群体状态变化大,获利风险大,利润相对低,而低难度下,群体行为稳定,获利高,风险小;具有不同决策特性比例个体的群体搭配下的工作收益和状态各异,保守型和中立个体较多时,合作数高,而获利也高.

本文所述模拟模型和模拟系统能辅助管理者

进行工作参数设置、人员选择与搭配和利益分配提供理论基础和决策依据,如用于电子/移动商务服务商的事务工作和联盟事务管理.当然,本研究尚存不足,今后的研究拟从以下方面进行:①计算模型参数合理性和系统稳健性深入研究;②本文考虑的互动场景有限,而对更全面的互动场景还需深入,如对工作场景的信息沟通有效性对工作演化的影响等有待进一步研究.③理论联系实际.将本文的模拟系统和研究结果应用于企业工作管理实践,加以检验,从而促进管理系统模拟方法在企业管理中的应用,有效地指导企业实践.

参考文献:

- [1] 严进, 王重鸣. 群体任务中合作行为的跨阶段演变[J]. 心理学报, 2003, 35(4): 499—503
Yan Jin, Wang Zhongming. The development of cooperative behaviors in dilemma[J]. Acta Psychologica Sinica, 2003, 35(4): 499—503 (in Chinese)
- [2] 席酉民, 韩巍. 管理研究的系统性再剖析[J]. 管理科学学报, 2002, 6(5): 1—8
Xi Youmin, Han Wei. Systematic rethinking on management[J]. Journal of Management Sciences in China, 2002, 6(5): 1—8 (in Chinese)
- [3] 席酉民, 韩巍, 尚玉钊. 面向复杂性: 和谐管理理论的概念、原则及框架[J]. 管理科学学报, 2003, 6(4): 1—8
Xi Youmin, Han Wei, Shang Yuchao. Facing complexity: Conceptions, principles and framework of HeXie management theory[J]. Journal of Management Sciences in China, 2003, 6(4): 1—8 (in Chinese)
- [4] 蒋国银, 胡斌. 人群工作协同进化动力学模型及模拟[J]. 科学学与科学技术管理, 2008, 29(12): 151—156
Jiang Guoyin, Hu Bin. Modeling and simulation for group task based on coevolutionary dynamics[J]. Science of Science and Management of S & T, 2008, 29(12): 151—156 (in Chinese)
- [5] Doebeli M, Hauert C. Models of cooperation based on the prisoners dilemma and the snowdrift game[J]. Ecology Letters, 2005, 8(7): 748—766
- [6] 刘树林, 席酉民. 群体大小与群体创建决策方案数量的实验研究[J]. 控制与决策, 2002, 17(5): 583—586
Liu Shulin, Xi Youmin. Experimental studies of the group size effect on the amount of decision-making projects made by the group[J]. Control and Decision, 2002, 17(5): 583—586 (in Chinese)
- [7] 魏光兴, 余乐安, 汪寿阳等. 基于协同效应的团队合作激励因素研究[J]. 系统工程理论与实践, 2007, (1): 1—9
Wei Guangxing, Yu Le'an, Wang Shouyang et al. A study on incentive factors of team cooperation based on synergy effect[J]. System Engineering Theory & Practice, 2007, (1): 1—9 (in Chinese)
- [8] Haug M, Lagunoff R. On the size and structure of group cooperation[J]. Journal of Economic Theory, 2007, 135(1): 68—89
- [9] 蒋国银, 胡斌, 王缓缓. 基于 Agent 和进化博弈的服务商动态联盟协同管理策略研究[J]. 中国管理科学, 2009, 17(2): 86—92
Jiang Guoyin, Hu Bin, Wang Huanhuan. Agent based simulation research on collaboration strategy for dynamic coalition of service providers based on the evolution game[J]. Chinese Journal of Management Science, 2009, 17(2): 86—92 (in Chinese)
- [10] 张剑, 郭青山, 彭长桂. 任务内容选择与创造性绩效关系的情景实验研究[J]. 人类工效学, 2007, 13(1): 7—13
Zhang Jian, Guo Qingshan, Peng Changgui. Study on the relationship between the need of self-determination and creative performance[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2007, 13(1): 7—13 (in Chinese)
- [11] 严进, 王重鸣. 两难情景下任务结构与价值取向的效用特征转换[J]. 心理学报, 2002, 34(5): 529—533
Yan Jin, Wang Zhongming. The utility transformation of task structure and values in social dilemma[J]. Acta Psychologica

- ca Sinica 2002 34(5): 529—533 (in Chinese)
- [12] Timmermans D, Vlek C. An evaluation study of the effectiveness of multi-attribute support as a function of problem complexity [J]. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 1994, 59(1): 75—92
- [13] Jorgen W W. Evolution, rationality and equilibrium in games [J]. European Economic review, 1998, 42(3/5): 641—649
- [14] Grabowski A. Interpersonal interactions and human dynamics in a large social network [J]. Physica A, 2007, 385(1): 363—369
- [15] Newman M E J, Strogatz S H, Watts D J. Random graphs with arbitrary degree distribution and their applications [J]. Physical Review E, 2002, 64: 026118
- [16] Newman M E J. Who is the best connected scientist? A study of scientific coauthorship networks [J]. Physical Review E, 2001, 64: 016132
- [17] Gilbert N. AgentBased Models [M]. SAGE Publications Inc, 2008
- [18] 谢识予. 经济博弈论 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2002
- Xie Shi-yu. Economics Game [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2002 (in Chinese)
- [19] Du W B, Cao X B, Hu M B, et al. Effects of expectation and noise on evolutionary games [J]. Physica A, 2009, 388(11): 2215—2220
- [20] North M J, Collier N T, Vos J R. Experiences creating three implementations of the repast agent modeling toolkit [J]. ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation, 2006, 16(1): 1—25
- [21] Railsback S F. Agent-based simulation platforms: Review and development recommendations [J]. Simulation Modeling Practice and Theory, 2006, 82(9): 609—623

Study on interaction behavior between group and work based on game and multi-agent

JIANG Guo-yin², HU Bin

1. School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074, China

2. School of Information Management, Hubei University of Economics, Wuhan, 430205, China

Abstract Agent based simulation for interaction behavior between group and work was explored from an evolutionary game theoretical perspective. This paper develops a payoff shared and punishment shared game model design evolution learning rules considering of historical information and decision characteristic of neighbors and uses multi-agent approach to represent group work. Based on class lib of Repast we use Java2 to program the multi-agent simulation system. Simulation results indicate that (1) the size of work group has a minor effect on cooperation trend and major effect on cooperation frequency of group, (2) total work payoff has a positive effect on the stability of work state of group. Group behavior is in a state of Tit for Tat when work cost c is equivalent to work punishment d , more players want to cooperate when $c > d$ and vice versa, the more players wants to defect when $c < d$, (3) group behavior in doing highly difficult work is unstable, players can get lower profit from more highly difficult work with larger risk, or vice versa, and (4) groups made up of individuals with different decision-making characteristics have different effects on the work state of group. The number of conservative and neutral individuals has a positive effect on cooperation and profit. This study contributes some decision support to behavior management under E-commerce or Mobile commerce environment.

Key words evolutionary game; interaction behavior; multi-agent; combination learning