

控制与决策

Control and Decision

基于agent的建筑工人流动行为仿真及其对行业的影响

王新成, 孙继德, 丁晓, 王小丽

引用本文:

王新成, 孙继德, 丁晓, 等. 基于agent的建筑工人流动行为仿真及其对行业的影响[J]. 控制与决策, 2020, 35(1): 235–242.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.0587>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于微分博弈的供应链合作减排和政府补贴策略

Reduce emissions in cooperation and government subsidies strategies in supply chain based on differential game
控制与决策. 2019, 34(8): 1733–1744 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.0043>

基于PSO非均匀样条插值的混合结构柔性臂抑振轨迹规划

Trajectory planning of vibration suppression for hybrid structure flexible manipulator based on PSO non-uniform spline interpolation
控制与决策. 2018, 33(6): 978–988 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2017.0132>

基于博弈论的再制造逆向物流定价决策

Pricing decision for remanufacturing reverse logistics based on game theory
控制与决策. 2018, 33(4): 749–758 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2017.0184>

基于频繁项集树的时态关联规则挖掘算法

Temporal association rules mining algorithm based on frequent item sets tree
控制与决策. 2018, 33(4): 591–599 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2017.0212>

竞争市场新进企业的容量设施选址研究

Study on capacitated facility location of new enterprises in competitive market
控制与决策. 2018, 33(10): 1789–1794 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2017.0630>

面向航空发动机的知识化制造系统拖期调度与自重构

Tardiness scheduling and self-reconfiguration of knowledgeable manufacturing oriented to aircraft engine
控制与决策. 2017, 32(3): 526–534 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2016.0179>

二阶有向多智能体网络的可控包含控制

Controllable containment control of second order directed multi-agent networks
控制与决策. 2016, 31(4): 745–749 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2015.0164>

DBN网络的深度确定方法

Calculation for depth of deep belief network
控制与决策. 2015(2): 256–260 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2013.1390>

基于 agent 的建筑工人流动行为仿真及其对行业的影响

王新成^{1†}, 孙继德², 丁 晓², 王小丽³

(1. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200030; 2. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 3. 河海大学 商学院, 江苏 南京 210098)

摘 要: 建筑工人的频繁流动行为影响到建筑业产业结构升级及可持续发展. 将社会网络理论与博弈论相结合, 建立建筑工人的社会关系网络和博弈关系网络双层平行联动网络, 构建既能反映建筑劳务市场中个体的行为选择过程又能涵盖劳务组织中的关系结构网络的多智能体仿真模型, 运用仿真软件进行仿真实验, 从社会关系和博弈关系视角揭示建筑工人流动行为发生过程及其对行业技能水平、劳动力成本、劳动关系和社会关系的影响. 结果表明, 建筑工人频繁的流动不利于行业技术水平的提高, 并会导致企业用工成本增加、雇佣关系恶化、工人间关系弱化等问题. 建立有效的培训制度、企业实施技术奖励措施和完善市场保险保障体制, 可缓解建筑工人频繁的流动, 从而降低其不利影响.

关键词: 建筑工人; 流动行为; 行业影响; 智能体仿真; 博弈; 社会关系网

中图分类号: F246; O242.1

文献标志码: A

Multi-agent simulation model: Construction workers' mobility and its industrial effects

WANG Xin-cheng^{1†}, SUN Ji-de², DING Xiao², WANG Xiao-li³

(1. Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China; 2. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. Business School, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The frequent mobility of construction workers has affected the upgrading and sustainability of the construction industry. In order to exhaustively analyze how the workers' mobility influences this industry, we combine the game theory with the social network theory, which jointly forms a double parallel linked network, and then build a multi-agent model to conduct a computer simulation. How a worker decides to move in labor market and how he/she networks others in one organization are represented in this model. From the perspective of the game network and social network, simulation is conducted for such a multi-agent model that uncovers the decision-making process of worker's mobility and its effects on industrial skill, labor cost, employment relationship and interpersonal relationship among coworkers. The results show that workers' frequent mobility does harm industrial skill development, which can increase labor cost, deteriorate employment relationship and interpersonal relationship among coworkers. Developing an effective training program, implementing technology-oriented incentives for employer and improving market-oriented security system may relieve worker's willingness to move frequently and reduce its negative effects on industrial aspects.

Keywords: construction worker; mobility; industrial effect; multi-agent simulation; game theory; social network

0 引 言

建筑工人作为所有建筑管理和生产活动的基础, 其频繁的流动行为成为建筑工程安全质量事故频发的重要原因. 据孙继德团队的研究, 我国 82% 的建筑工人有过非正常的流动, 73.3% 的建筑工人在行业内变换过工作, 建筑工人流动率处于各行业前列^[1]. 已有研究表明, 工人的流动对个体的工资收入、工作

效率以及技术水平会产生不同程度的影响, 过于频繁的员工流动会给企业带来负面影响^[2]. 目前关于建筑工人流动的研究主要集中在影响因素与治理对策上^[3]. 实际上, 建筑工人流动属于行业性的劳务组织问题, 涉及范围广、影响因素多, 是典型的复杂问题^[4]. 其复杂性体现在建筑工人个体行为选择衍生出的群体行为选择和社会关系网对个体行为选择的影

收稿日期: 2018-05-05; 修回日期: 2018-07-30.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71472139).

责任编辑: 李登峰.

[†]通讯作者. E-mail: wxc2040@163.com.

响上^[5]。

传统员工流动的研究虽然能够通过博弈论解释群体性的行为选择问题,也能通过社会网络描述群体间的关系网络变动情况,但未能将二者有效结合。张四海^[6]认为社会中的个体处于复杂的社会网络中,其行为受到社会网络的影响,相互之间的交互也应受到网络的调节,研究个体行为需考量其所处的社会网络。Skyrms等^[7]指出,动态演化博弈的标准处理方法是假定每个主体与其他所有主体都相互作用,这种假定忽视了主体间的关系结构对行为选择的影响。将社会网络和博弈论相结合,考虑社会关系网的驱动和约束双重作用,描述博弈行为的发生机制,可以弥补二者在研究建筑工人劳动的复杂问题方面的不足。

此外,越来越多的学者提倡采用系统分析、社会仿真的方法研究社会学领域中的复杂问题^[8]。多主体建模作为一种自下而上的仿真方法,能够通过大量微观层面的仿真主体的交互来反映宏观层面的群体现象^[9],其适用范围广、可扩展性强,便于解决大型、复杂的社会问题。例如,Bonanbeau认为微观层面间的交互通过agent建模方法能够显现宏观层面的行为,从而研究行为发生的演化机制^[10]。

本文将博弈论与社会网络分析理论相结合,构建既能反映建筑劳务市场中个体的行为选择又能涵盖劳务组织中的关系结构网络的多智能体仿真模型,运用Netlogo软件进行仿真实验,在博弈视角和社会关系视角下分别揭示建筑工人流动行为对行业的影响,同时提出相关治理对策,以期能促进建筑业健康发展并顺利实现转型升级。

1 建筑工人关系网络

建筑工人的流动决定受到建筑产品生产特点、劳动力市场季节性变化、社会事件、地理区域等客观因素影响^[1]。这些客观因素,在建筑劳务市场属于公开信息,容易被各主体了解,是雇佣双方不可控制的环境变量,不是博弈的焦点。按照不同的划分标准,流动形式分为主动流动和被动流动、个体流动和群体流动、组织内和组织间流动^[4]。处于雇佣中的建筑工人,为谋取更好的薪酬待遇,利用社会关系网络主动地寻找就业信息,与潜在雇主谈判,获得更好的薪酬待遇后,通过社会关系网将该信息传播到原来的组织,进而引起原组织工人的群体性(例如三人均流动同一个用工方)流动。这种组织间的个体流动以及由此引发的群体性流动,对整个行业的可持续发展危害很大^[4]。本文关注于受雇佣中的建筑工人在组织间的主动流动形式,由个人流动进而引发的群体性流动。

本文研究建筑工人和用工方(以施工班组代替用工方进行仿真)两类主体的交互行为,模型中分别用worker和contractor表示,假定二者是自利的,并且建筑工人的流动受到社会关系和自身需求两个因素的共同影响。本文建立建筑工人的社会关系网络和博弈关系网络双层平行联动网络,分别对应这两个因素进行仿真。社会关系网络向博弈关系网传递博弈信息,博弈关系网的博弈结果更新社会关系网中的关系强度。

1.1 社会关系网络模型

与其他行业不同,建筑业劳动力市场不完善,社会关系网成为工人寻求就业信息、降低交易成本的主要渠道,也成为用工方扩散用工信息的主要渠道。

1) 指标设定。社会关系网络指标反映社会关系变化的情况,包括关系数量指标和关系强度指标,用以衡量建筑工人的社会关系结构,采用平均值计数。

① 关系强度指标^[11](RS):关系强度指标反映建筑工人之间、工人与用工方之间社会关系强度的变化趋势。

② 关系数量指标(RN):关系数量指标反映每个工人的社会关系网中包含的节点数量^[12]。工人认识其他个体的数量是有限的,关系强度随着时间或强化或消亡。

2) 模型构建。社会关系网络结构及关系数量影响劳动力市场信息的传递,社会关系强度也会影响工人行为选择,从而实现与博弈关系网的联动。借鉴Scott^[13]关于社会关系网中网络结构、关系强度、关系数量以及关系的形成、变迁和消亡的研究,本文提出如下定义。

① 初始关系网的建立:工人与行业内所熟知的亲友形成初始社会关系网;新关系网的建立:工人进入新的用工方即与用工方和其他工人形成新关系,一般来说,新工人与用工方的关系强度高于与其他工人的关系强度。

② 关系强化:当工人不流动,关系强度会随时间的增长而增长;关系弱化:当工人流动,关系强度会随时间的增长而减弱。关系消亡:根据本研究团队的调研,发现每个建筑工人经常性地与5个包工头保持联系,因此,在仿真实验中,假定工人和某包工头联系频率低于0.2时,认为该关系消亡,同理,工人与某包工头的关系强化速率取0.2,关系弱化速率取0.2。

1.2 博弈关系网络模型

由于双方信息不对称,工人和雇主之间呈现出动态的非对称博弈关系^[14]。基于实地调研发现,本文设

定了4个指标和建筑工人流动决策时考虑的3个主要因素,以构建工人和用工方之间的博弈模型。

1) 指标设定. 博弈关系指标反映动态演化博弈过程中的关系变化情况,针对个体行为与属性,本文设定建筑工人流动率、劳动力价格、培训成本、工作保障制度落实程度4个指标来衡量工人与用工方的博弈关系。

① 建筑工人流动率:通过离职率来刻画工人的流动. 借鉴Mathis等^[15]员工离职率的公式,本文提出,时间步 t 时的工人离职率(Q_r)公式为

$$Q_{rt} = \frac{Q_{wt}}{W_t} = \frac{\sum Q_{wi,t}}{\sum W_{i,t}} \quad (1)$$

其中: $Q_{wi,t}$ 表示在 t 时离职的工人数量, $W_{i,t}$ 表示在 t 时刻剩余的建筑工人总数。

② 劳动力价格:用工人的平均工资(payment)来衡量劳动力成本;培训成本:用工方为工人提供技术培训的费用(TC)^[16]。

③ 工作保障制度落实程度(W_g):借鉴比例原则,建筑工人实际享受到的工作保障项目数与用工方应提供的工作保障项目总数(例如签订劳动合同、缴纳社会保险)的比值,反应工人基本权益保障程度,即

$$W_{gt} = \frac{G_{wt}}{W_t} = \frac{\sum G_{wi,t}}{\sum W_{i,t}} \quad (2)$$

$G_{wi,t}$ 表示在 t 时工作保障项目得到落实的工人数量, $W_{i,t}$ 同式(1)。

2) 模型构建. 建筑工人的流动决策受到多种因素影响,基于本团队调研,选择以下3个因素构建博弈模型:劳资利益(如工资报酬、流动成本);工作保障制度(如签订劳务合同、购买保险);技术培训制度及个人价值认可与提升。

① 初始博弈关系网的建立:建筑工人选择最高报酬的用工方与其建立初始雇佣关系. 在博弈过程中,工人不断地流向该用工方,当达到最大规模时,用工方不再向外传播招工信息。

② 劳资利益博弈模型:博弈主体为有限理性的建筑工人和用工方,努力使其期望效应最大化^[17]. 在博弈中,工人可以决定是否流动,用工方可以决定是否传播招工信息以及是否提高报酬水平. 本文采用无限次重复序列博弈理论分析^[18],劳资利益博弈树如图1所示. 建筑工人流动的概率为

$$P_{ci} = \begin{cases} 0, & \text{payment}_{ci} < \text{payment}_{c_{0,t}} + MC; \\ 1 - RS_{ci}, & \text{payment}_{ci} \geq \text{payment}_{c_{0,t}} + MC. \end{cases} \quad (3)$$

其中:MC为流动成本, c_i 为向工人传递招工意向和薪酬信息的用工方, c_0 为工人现在所属的用工方. 工人做决策时,考量收入差额和关系强度,因此当 $\text{payment}_{ci} \geq \text{payment}_{c_{0,t}} + MC$ 时,工人的流动概率不是1,要减去关系强度RS. 根据调研,建筑工人流动一次,平均花费200元,仿真实验中MC取200。

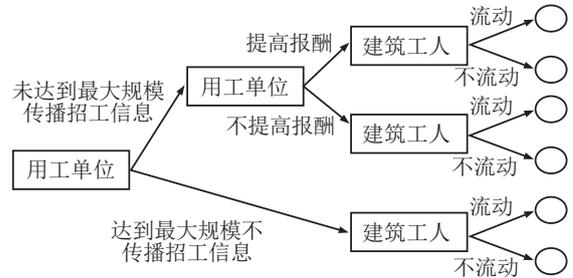


图1 劳资利益博弈树

用工方提供的初始月薪为 payment_{t_0} ,用工方报酬的调整策略为

$$\text{payment}_t = \begin{cases} \text{payment}_{t-1}, & \text{inf} = 0, W \geq W_{\max}; \\ \text{payment}_{t-1}, & \text{inf} = 1, W_{\min} \leq W < W_{\max}; \\ \text{payment}_{t-1} + SI, & \text{inf} = 1, W < W_{\min}. \end{cases} \quad (4)$$

其中 W 为现有工人数量, W_{\min} 、 W_{\max} 分别为用工方对工人的最小、最大需求量,SI为提升的薪酬,inf为是否传播报酬信息. 根据《2016年农民工监测调查报告》显示,建筑工人月收入为3687元,比2015年增加180元. 仿真实验中,假定 $\text{payment}_{t_0} \sim N(3700, 180)$,以180元/次调整报酬额度,即 $SI = 180$ 。

3) 工作保障博弈模型:在博弈中,用工方决定是否传播招工信息以及是否加强工作保障落实,工人决定是否流动,博弈树如图2所示. 建筑工人流动的概率为

$$P_{ci} = \begin{cases} 0, & W_{gc_{0,t}} \geq e; \\ 1 - RS_{ci}, & W_{gc_{0,t}} < e. \end{cases} \quad (5)$$

其中: e 为工人感受到的用工方实施工作保障的强度, $e \in (0, 1)$ 。

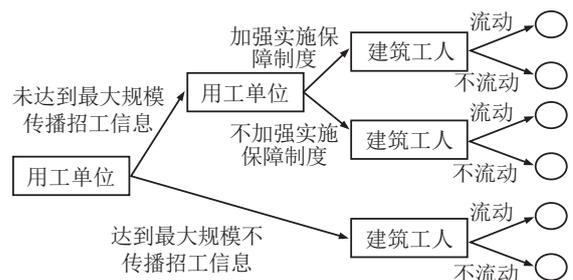


图2 工作保障博弈树

根据本团队的调研,工人希望得到的工作保障包

括按时按量发放工资、缴纳社会保险、提供安全保护设施、签订稳定的劳务合同;实践中,劳务市场制度不完善,政府监管不到位,4个方面不能全部落实.只要用工方按时按量发放工资,提供安全保护措施,工人一般会感到满意;若用工方偶尔拖延发放工资,缺乏部分安全保护措施,工人也能容忍.因此,假定当工作保障制度落实程度不小于0.4时,工人不流动,即仿真实验中 e 取0.4.

调研发现,每个施工班组多数为6人,最多是15人.当人数少于6时,用工方会提高工作保障,限制工人流动,并散布招工信息以吸引工人应聘;当超过6人时,用工方不再加强工作保障,默许工人流动.因此,在博弈中,假定6人作为用工方是否加强工作保障的界限.用工方的博弈策略:当工人数量达到要求(6人及以上),不加强实施保障制度,当工人较少时(少于6人),加强工作保障,限制工人流动.假设用工方加强工作保障制度,保障制度落实程度得到固定提升(WI).用工方工作保障落实程度的调整策略如下:

$$W_{gt} = \begin{cases} W_{gt-1}, & W_{\min} \leq W; \\ W_{gt-1} + WI, & W < W_{\min}. \end{cases} \quad (6)$$

根据调研,每年初,工人工资普遍性提高约10%,在仿真实验中,WI取0.1.

4) 价值认可博弈模型:用工方根据工人数量决定是否提供技术培训,发布博弈信号,工人决定是否流动,价值认可博弈树如图3所示.

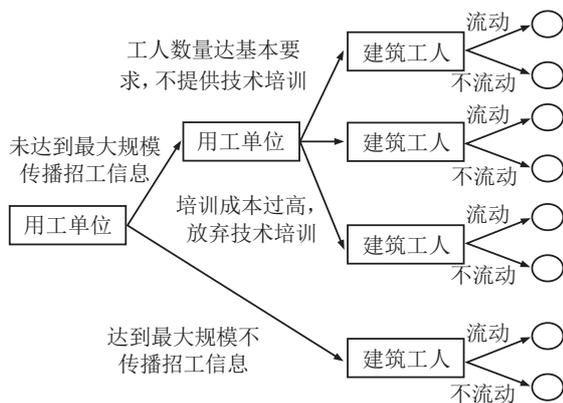


图3 价值认可博弈树

设置个人价值认可变量

$$\text{personalvalue} = \begin{cases} 1, & \text{inf} = 1; \\ 0, & \text{inf} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

表示用工方是否提供技术培训使得工人价值得到认可与提升,inf表示用工方是否提供技术培训.

若用工方为工人提供相应的技术培训并对其个人价值进行认可,此时工人的流动概率将很大程度上得到减弱,反之,工人流动概率将上升.此时,建筑工

人流动的概率为

$$P_{ci} = \begin{cases} (1 - A)(1 - RS_{ci}), & \text{personalvalue} = 1; \\ (1 + B)(1 - RS_{ci}), & \text{personalvalue} = 0. \end{cases} \quad (8)$$

表示工人个人价值未得到认可后,流动概率增强程度.

调研发现,工人因参加技能培训并考核合格,获得相应的技能证书,其薪酬提高约30%.假定工人个人价值得到认可,其流动概率减弱30%,即 A 取0.3.前文提到,每个工人平均与5个包工头保持联系,工人流动到他熟悉的某包工头的概率是0.2,假定当其因参加培训却不能得到用工方个人价值认可时,流动概率上升0.2,即 B 取0.2.

在博弈中,用工方是否提供技术培训的3种策略:工人数量达到基本要求(6人以上),为了节约成本,不提供技术培训;工人较少时(少于6人),培训成本又在可接受的范围之内时,提供技术培训来减少工人流动;工人较少时(少于6人),人均培训成本又非常高时,放弃提供技术培训.

用工方提供技术培训产生培训成本.根据调研,企业为工人提供培训,平均为每人每年花费200~400元.参加培训的工人越少,平均培训成本越高.因此,假定培训成本基础值为 TC_0 ,上限为400元.

$$TC_t = \begin{cases} 0, & W_{\min} \leq W; \\ TC_0 + TC_{t-1} \left(\frac{W_{t-1}}{W_t} - 1 \right), & W < W_{\min}. \end{cases} \quad (9)$$

其中: W_t 代表在 t 时刻现有工人数量, TC_t 表示 t 时刻用工方的培训成本,因此策略如下:

$$\text{personalvalue}_t = \begin{cases} 0, & TC_{\max} < TC_t \text{ or } TC_t = 0; \\ 1, & TC_{t0} \leq TC_t \leq TC_{\max}. \end{cases} \quad (10)$$

1.3 多智能体系统模型

多智能体仿真模型中,社会关系网和博弈关系网通过传递博弈信息及通过博弈结果更新社会关系网中的关系强度来实现多智能体系统的动态演化,博弈关系网与社会关系网通过联动来传递博弈信息,实现建筑工人流动行为的仿真.

采用基于agent的建模方法,将contractor和worker抽象为两类agent.每个agent都是有限理性的,能够连续不断地感知外界的变化及自身的状态变化,并根据收益期望值原则^[9],选择有利的决策进行模仿,从而决定了仿真时间步内的变化方向.工人和用

工方根据自身的需求及通过社会关系网更新的外界信息,按照特定的行为规则进行决策,在反复博弈过程中学习、模仿,不断调整博弈策略,提高博弈效用,多智能体系统的动态演化仿真流程如图4所示。

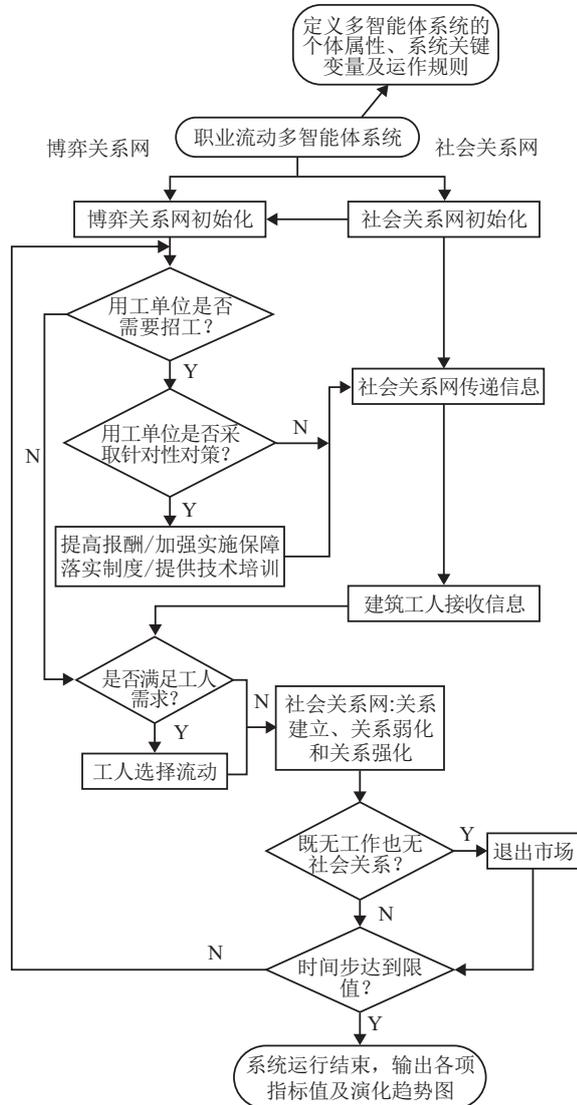


图4 动态演化仿真流程图

多智能体在双层网络中的通信、协作机制如下。一方面,工人(包括本单位的工人和正受雇于其他单位的工人)和用工方通过社会关系网向博弈关系网络传递求职和招聘信息,双方根据自身的属性(例如工人根据自己的技能水平,用工方根据工人数量)、观察到的其他agent的流动历史记录和动作序列及通过关系网获得对方信息与对方进行谈判博弈,进而作出决策。另一方面,工人和用工方一旦进入劳务市场,其博弈关系网和社会关系网已初始化,随着时间步的推移,不断地发布信息、接受其他agent散布的信息、判断信息并与其他agent互动,博弈的结果更新社会关系中的关系强度,体现为社会关系的建立、强化和弱化。在该系统中,信息传递过程中可能失真,多智能体

通过彼此的社会关系强度判断信息的真实性;信息发布和处理具有时效性,需要多智能体快速地做出反应。

2 仿真实验

建筑工人流动的行业影响具有不可见性,通过仿真实验将其进行数值化表达。建立仿真实验的指标体系,通过仿真指标体系的变化来反映工人流动行为的行业影响。运用Netlogo软件,对前文构建的模型进行仿真实验^[20],模拟工人的流动行为,得到各个指标的变化趋势,据此分析工人流动对行业的影响。根据本团队的调研,仿真实验的具体变量数据设置如表1所示。

表1 仿真实验各变量的数据设置

变量名称	变量值
建筑工人数量 i	180
用工方数量 j	12
运行次数 T	20
初始报酬 $payment_{t_0}$	$N(3700, 180)$
建筑工人初始社会关系数量	6
初始关系强度 RS_0	$N(0.6, 0.1)$
建筑工人之间新关系强度	$RS_{nw} \sim N(0.25, 0.01)$
用工方与工人之间新关系强度	$RS_{nc} \sim N(0.4, 0.02)$
关系强化速率	0.2, $RS_t = 1.2RS_{t-1}$
关系弱化速率	0.2, $RS_t = 0.8RS_{t-1}$
关系消亡关系强度	0.2
班组规模限值 W_{max}, W_{min}	15, 6
流动成本 (MC)	200
调薪额度 (SI)	180
工作保障制度落实程度初始值	$W_{g0} \sim N(0.2, 0.01)$
工作保障制度落实程度 (e)	0.4
保障制度落实程度提升值 (WI)	0.1
个人价值认定变量 $personalvalue$	$personalvalue \sim N(0, 1)$
培训成本初始值 TC_0	200

供求关系是影响工人流动率的最直接因素,通过设定不同供求关系,可以获得不同基准值的工人流动率,从而探讨不同流动率下,流动对各个指标的影响,具体数量设置及相应流动率见表2。

表2 建筑工人数量及相应流动率

供求关系	工人数量/人	平均流动率	最高流动率
极端供不应求	60	0.10	0.15
供不应求	120	0.17	0.22
供求平衡	180	0.03	0.20
供大于求	240	0.00	0.10

2.1 博弈视角下的行业影响分析

1) 建筑工人技术水平提升缓慢。本文设定博弈关系网指标培训成本 TC 作为反映建筑工人技术水平的主指标。不同供求关系下,工人流动率、人均培训成本变化趋势见图5(横轴 t 为时间,纵轴 Q_r 为离职率)和图6(横轴 t 为时间,纵轴 C_{au} 为人均培训成本)。

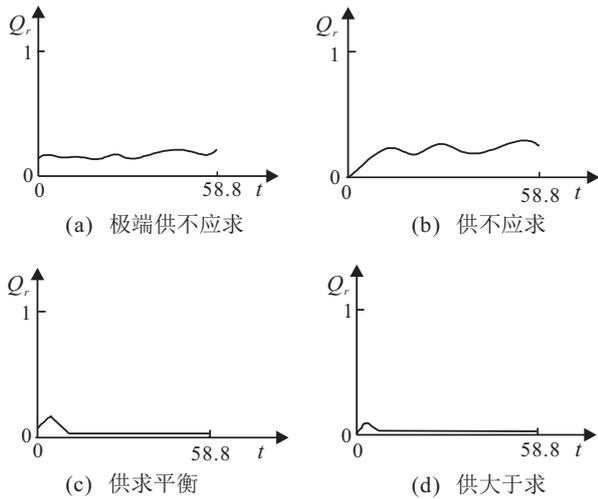


图5 4种供求关系下建筑工人流动率的变化

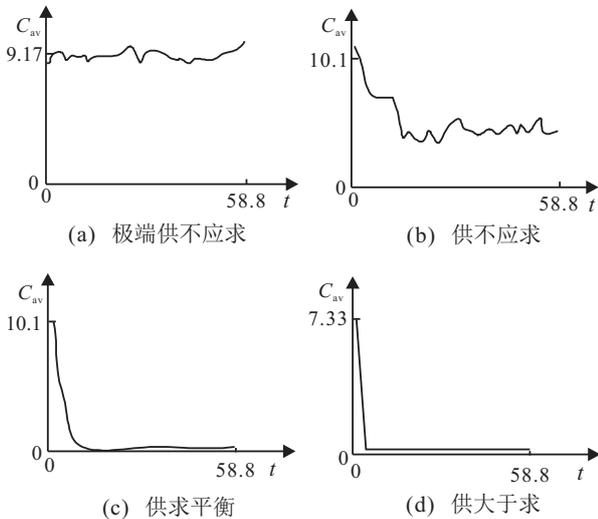


图6 4种供求关系下培训成本的变化

图5和图6表明,在供不应求、极端供不应求时,流动率平均值分别达到了17%、10%,较高的流动率下平均培训成本达到最大值.而在供大于求和供求平衡关系下,频繁的工人流动现象仅在仿真初期出现,在很快的时间内消失,培训成本下降至0.

仿真实验表明,当处于供不应求阶段时,建筑工人流动频繁,导致工人的技术水平难以提升,为保证工程质量与安全,用工方需要对其进行多次技能培训,从而提升了培训成本;当供大于求时,工人保持稳定,流动率低,工人的技术水平保持稳定并逐步提升,满足了生产需要,此时培训成本较低.因此,建筑工人频繁的流动不利于工人技术水平的提升,难以保障建筑业的可持续发展.

2) 企业用工成本增加.将平均工资以及工作保障制度落实程度作为企业用工成本的衡量指标.运行仿真实验得到人均工资和工作保障制度落实程度变化趋势,见图7(纵轴 P_{av} 为支付给工人的人均工资)和图8(纵轴 W_{gt} 为用工方的工作保障落实程度).

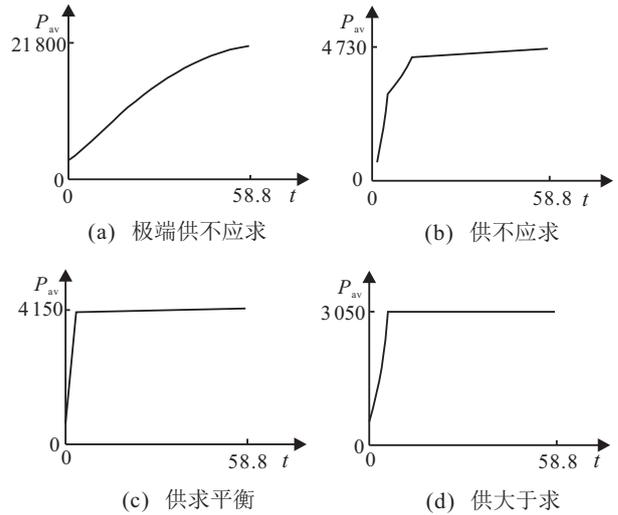


图7 不同供求关系下平均工资的变化

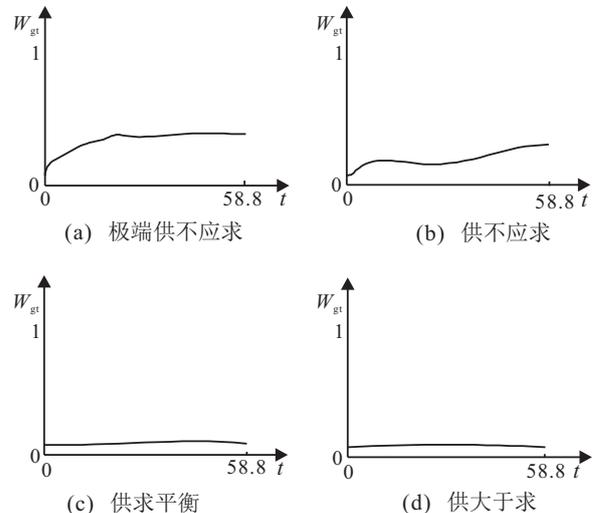


图8 工作保障制度落实程度的变化

图7和图8表明,极端供不应求时,工人流动率平均值约为10%,此时用工方为限制工人流动,提供的工资水平直线上升到21800元;供不应求时,工人流动率平均值达到了17%,此时平均工资达到稳定值,约为4730元.在这两种供求关系下,企业工作保障制度落实程度不断上升,必然导致用工成本的增加.而供大于求和供求平衡时,频繁的工人流动仅在仿真初期出现,很快消失,平均工资分别稳定在4150元和3050元,并且工作保障制度落实程度也相对较低,此时企业用工成本较小.

仿真实验表明,无论供求关系如何,建筑工人平均工资、工作保障制度落实程度与流动率成正相关关系,建筑工人流动率越高,企业用工成本越高,不利于企业健康稳定发展.

2.2 社会关系视角下的行业影响分析

1) 雇佣关系恶化问题.实践中,建筑劳动力市场主要依靠社会关系网组织起来,良好的社会关系有益于建筑工人保持相对稳定,很多工人的流动与社会关

系恶化有关. 供大于求和供不应求时, 社会关系强度的变化趋势如图9(纵轴 R_s , 关系强度)所示. 实线表示工人之间的关系强度的变化趋势, 虚线表示工人与雇主间关系强度变化.

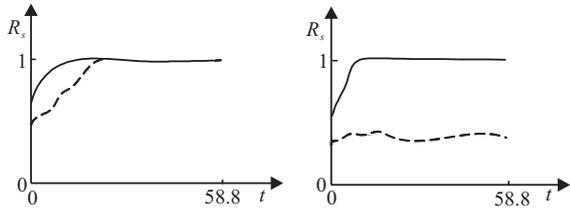


图9 社会关系强度的变化

供大于求时, 工人与用工方之间的关系强度在仿真初期急速上升, 并趋近于最大值1. 这表明, 与用工方建立雇佣关系的工人在市场上几乎不流动, 一直处于一个固定的劳务组织内, 从而与这个劳务组织及组织内的其他工人形成了良好的关系. 这种良好的雇佣关系又会降低流动率, 从而形成一种良性循环.

供不应求时, 虽然工人之间的强度快速上升, 趋向于最大值1, 但比工人与用工方之间的社会关系强度低很多. 这表明, 供不应求时, 大量的工人流动, 恶化了工人与用工方之间的关系, 从而破坏了雇佣双方彼此之间的信任, 不利于后期签订劳务合同、提供工作保障制度等, 进而加剧流动行为, 形成恶性循环, 对建筑劳务市场及整个行业的稳定造成负面影响.

2) 建筑工人间关系弱化. 通过关系数量指标可以从整个行业的角度分析工人之间的社会关系数量结构, 探讨仿真时工人之间的关系变化. 图10(R_{av} 为工人平均每人关系持有量, R_{de} 为工人关系死亡率)显示了工人社会关系数量与死亡关系数量在供大于求(图10(a)和图10(b))和供不应求(图10(c)和图10(d))时的变化趋势.

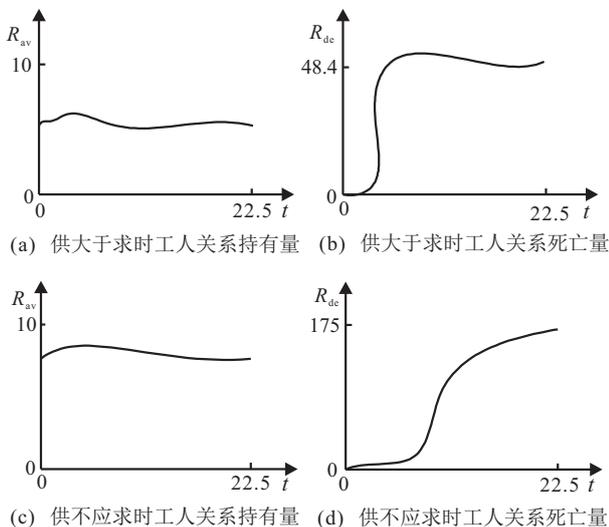


图10 工人社会关系数量与死亡关系数量的变化

供大于求时, 工人的社会关系数量在仿真初期略上升后稳定在7, 死亡的社会关系数量在仿真初期快速上升, 达到48.4, 随后稳定不变, 表明此时由于工人基本不发生流动, 整个社会关系网逐渐固化下来. 建筑工人开始产生一个小群体, 人员相对稳定, 且关系强度持续增长趋势.

供不应求时, 工人的社会关系数量在仿真初期有所上升, 随后出现波动变化, 无法保持稳定, 死亡的社会关系数量呈现上升趋势. 这表明, 供不应求时, 由于工人频繁的流动, 工人之间无法形成稳定的社会关系, 原有的社会关系也不断弱化、消失. 工人之间的关系恶化, 使工人无法获得归属感和凝聚力, 无法对工人非正常的流动行为产生抑制效果, 甚至加剧流动.

3 结论

职业流动广泛存在于各行业中, 正常的流动有益于行业的健康发展, 非正常的流动导致一系列行业问题. 本文采用多智能体系统仿真方法, 融合博弈论与社会网络理论, 构建了多智能体建筑工人流动行为仿真模型, 通过仿真实验揭示了建筑工人流动行为对行业的影响. 实验结果表明, 建筑工人频繁的流动导致行业技能水平难以提升、企业用工成本持续增长、雇佣关系和工人间的关系恶化等行业问题, 阻碍了整个行业的持续健康发展. 为了切实缓解与控制建筑工人频繁的流动, 基于仿真实验结果提出以下治理对策, 以供借鉴.

1) 建立劳动力输出市场的培训制度, 做到“先培训, 后输出”, 实现工人持证上岗, 并对上岗工人实行“实名制”管理, 建立从业档案, 以增加工人的流动成本, 从而降低工人的流动行为.

2) 用工方建立技术激励及薪酬绩效制度, 通过奖金等方式鼓励工人提升自身技术水平, 激发工人工作的积极性, 并形成合理的竞争, 以增加工人的参与感、成就感, 从而降低工人的流动行为.

3) 建立劳动力市场保险保障制度, 为工人提供人身保险、社会保险与养老金等基本保障, 保证其基本权益, 强化雇佣关系, 增加工人的归属感, 以降低其流动行为.

已有研究中, 孙继德等^[21]运用演化博弈理论方法构建了单个建筑工人和用工方的博弈模型, 目的在于证明当前的劳务用工制度下建筑工人频繁流动的内驱动力, 从而提出劳务制度改革的必然性. 本文将建筑工人的社会关系网络纳入到雇佣双方的博弈中, 考虑多方的博弈, 并结合仿真方法模拟多智能体之间行为的后果, 目的在于揭示当前劳务制度下建筑工人

频繁流动的危害,例如雇佣关系恶化、劳动力成本上升。两项研究互为印证,直接或间接地证明了当前劳务用工制度的不合理性,导致工人频繁流动,从而引发多种危害,改革目前的用工制度势在必行。

本文将博弈论与社会网络分析理论相结合,构建了既能反映建筑劳务市场中个体的行为选择又能涵盖劳务组织中的关系结构网络的多智能体仿真模型,丰富了劳动力流动的研究方法。通过揭示建筑工人频繁的流动行为对建筑业技能水平、用工成本、劳务关系等方面的影响及演化机制,为解决其引发的行业问题提供可行的政策建议,从而稳定建筑工人队伍,保障工程质量安全,维护雇佣双方和谐的劳动关系,促进我国建筑业的健康发展。

参考文献(References)

- [1] Jide S, Xincheng W, Liangfa S. Research on the mobility behaviour of Chinese construction workers based on evolutionary game theory[J]. *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*, 2018, 31(1): 1-14.
- [2] 黄宇虹, 弋代春, 揭梦吟. 中国小微企业员工流动现状、作用及其影响因素分析[J]. *管理世界*, 2016(12): 77-89.
(Huang Y H, Yi D C, Jie M Y. An analysis of the current situation, function and influencing factors of employee turnover in small and micro enterprises in China[J]. *Management World*, 2016(12): 77-89.)
- [3] Etienne Lale. Trends in occupational mobility in france: 1982-2009[J]. *Labour Economics*, 2012, 19(3): 373-387.
- [4] 孙继德, 丁晓, 张冰清. 我国建筑工人职业流动的特点及分类研究[J]. *建筑经济*, 2016, 37(6): 5-8.
(Sun J D, Ding X, Zhang B Q. Research on the characteristics and classification of construction workers' occupational mobility[J]. *Construction Economy*, 2016, 37(6): 5-8.)
- [5] 孙继德, 王新成, 王立里. 基于嵌入视角的建筑业劳动力市场仿真分析[J]. *软科学*, 2018, 32(5): 81-85.
(Sun J D, Wang X C, Wang L L. Simulation analysis of construction labor market from the perspective of embeddedness[J]. *Soft Science*, 2018, 32(5): 81-85.)
- [6] 张四海. 基于社会网络和博弈论的合作理论研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学计算机学院, 2006.
(Zhang S H. Research on theory and approach of human cooperation based on social networks and game theory[D]. Hefei: Department of Computer Science and Technology, University of Science and Technology of China, 2006.)
- [7] Skyrms B, Pemantle R. A dynamic model of social network formation[M]. Berlin: Springer, 2009: 231-251.
- [8] Rixen M, Weigand J. Agent-based simulation of policy induced diffusion of smart meters[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2014, 85: 153-167.
- [9] 李大宇, 米加宁, 徐磊. 公共政策仿真方法: 原理、应用与前景[J]. *公共管理学报*, 2011, 8(4): 8-20.
(Li D Y, Mi J N, Xu L. Public policy simulation approach: its applications and prospects[J]. *Journal of Public Management*, 2011, 8(4): 8-20.)
- [10] Bonabeau E. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002, 99(3): 7280-7287.
- [11] 刘军. 社会网络模型研究论析[J]. *社会学研究*, 2004, 1: 1-12.
(Liu J. On research on the social network mode[J]. *Sociological Research*, 2004, 1: 1-12.)
- [12] Aral S, Walker D. Tie strength, embeddedness, and social influence: A large-scale networked experiment[J]. *Management Science*, 2014, 60(6): 1352-1370.
- [13] Scott J. *Social network analysis*[M]. California: Sage Publications, 2017: 52-61.
- [14] Rabin M. Incorporating fairness into game theory and economics[J]. *The American Economic Review*, 1993, 83(5): 1281-1302.
- [15] Mathis R L, Jackson J H. *Human resource management: Essential perspectives*[M]. Singapore: Cengage Learning, 2011: 51-75.
- [16] Blatter M, Muehlemann S, Schenker S, et al. Hiring costs for skilled workers and the supply of firm-provided training[J]. *Oxford Economic Papers*, 2015, 68(1): 238-257.
- [17] 孟凡生. 双重成本控制标准下企业收益分配信号博弈[J]. *控制与决策*, 2015, 30(4): 764-768.
(Meng F S. Game for enterprise income distribution signal under dual cost control standard[J]. *Control and Decision*, 2015, 30(4): 764-768.)
- [18] Dreber A, Fudenberg D, Rand D G. Who cooperates in repeated games: The role of altruism, inequity aversion, and demographics[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2014, 98(2): 41-55.
- [19] Myerson R B. *Game theory*[M]. Brighton: Harvard University Press, 2013.
- [20] Sklar E. Netlogo. A multi-agent simulation environment[J]. *Artificial Life*, 2007, 13(3): 303-311.
- [21] 孙继德, 王新成, 申良法. 基于演化博弈的建筑工人流动行为研究[J]. *建筑经济*, 2016, 37(8): 92-96.
(Sun J D, Wang X C, Shen L F. Research on construction worker' mobility behavior based on evolutionary game theory[J]. *Construction Economy*, 2016, 37(8): 92-96.)

作者简介

王新成(1989—), 男, 博士生, 从事战略管理、工程管理及其应用的研究, E-mail: wx2040@163.com;

孙继德(1966—), 男, 副教授, 博士, 从事工程管理等研究, E-mail: jdsun@126.com;

丁晓(1992—), 女, 硕士生, 从事工程管理的研 究, E-mail: bodingxiao@163.com;

王小丽(1988—), 女, 博士生, 从事项目管理的研究, E-mail: 85798651@qq.com.

(责任编辑: 孙艺红)