

·智能决策与博弈·

嵌入式社区养老服务供应链运作 博弈演化的系统动力学分析



□张庭溢¹ 翁钰贞¹ 计国君²

[1. 福建工程学院 福州 350118; 2. 厦门大学 厦门 361005]

[摘要] 【目的/意义】在我国老龄化日益严重的情况下,提供适当的养老服务解决养老问题变得极为重要。【设计/方法】针对嵌入式社区养老存在的运作困境,运用演化博弈理论,分析政府、养老社区和服务供应商之间的动态博弈过程,构建三者在不同策略下的演化博弈模型,并结合系统动力学对三方策略选择的动态博弈进行仿真分析。【结论/发现】结果最终会达到各方选择“政府采取激励机制、养老社区购买高质量产品、服务供应商不欺诈”的均衡状态,政府行为在养老机制中发挥着重要作用。政府直接影响养老社区和服务提供者的策略选择,其合理的监督机制和措施能够促进社区养老服务供应链持续健康发展;各方对相关的外部变量具有高度敏感性,最终策略受多个变量的共同影响,因此需在政府、养老社区和服务供应商共同努力下,解决社会上的养老服务问题,从而增加老年人的幸福感。

[关键词] 老龄化; 嵌入式社区养老; 演化博弈; 系统动力学

[中图分类号] F224.32

[文献标识码] A

[DOI] 10.14071/j.1008-8105(2022)-4003

System Dynamics Analysis of Operational Game Evolution on Supply Chain of Embedded Community Service for the Elderly

ZHANG Ting-yi¹ WENG Yu-zhen¹ JI Guo-jun²

(1. Fujian University of Technology Fuzhou 350118 China;

2. Xiamen University Xiamen 361005 China)

Abstract [Purpose/Significance] With the increasingly serious situation of aging in our country, it has become extremely important to provide appropriate elderly care services to solve the problem of elderly care. [Design/Methodology] In view of the operation dilemma of embedded community for the elderly, the dynamic game process among the government, elderly communities and service providers is analyzed by using evolutionary game theory, the evolutionary game models of the three under different strategies are constructed, and the dynamic game of the three-party strategy selection is simulated and analyzed based on system dynamics. [Conclusions/Findings] The result will eventually reach an equilibrium state where all parties choose “the government adopts an incentive mechanism, the elderly community purchases high-quality products, and service providers do not cheat”. Government behavior plays an important role in the elderly care mechanism. The government directly influences the pension community and service provider’s strategic choice, and its reasonable supervision mechanism and measures can promote the sustainable and healthy development of community pension

[收稿日期] 2022-06-06

[基金项目] 国家自然科学基金项目 (71872158; 71871197; 71571151).

[作者简介] 张庭溢 (1982-) 男, 博士, 福建工程学院管理学院副教授、硕士生导师; 翁钰贞 (1998-) 女, 福建工程学院交通运输学院硕士研究生; 计国君 (1964-) 男, 厦门大学管理学院教授、博士生导师。

service supply chain. All parties are highly sensitive to relevant external variables, and the final strategy is jointly affected by multiple variables. Therefore, the government, elderly communities and service providers should make joint efforts to solve the problem of elderly services in society, so as to increase the happiness of the elderly.

Key words aging; embedded community for the elderly; evolutionary game; system dynamics

引言

随着近年老龄人口在绝对数量和比例上日益增加, 社会面临的养老供需矛盾日益凸显^[1]。首先, 当前的家庭结构逐渐改变, 呈现“四二一”的状态, 传统家庭养老功能逐渐弱化; 其次, 政府养老模式受财政约束, 供给有限, 并不能满足激增的服务需求; 最后, 社会养老质量有限, 价格高昂。基于此, 政府、企业等也探索了相关的解决方案, 其中社区养老作为养老服务实践产生的新型养老模式, 具有高效集成多方养老资源要素、共享资源数据信息及技术、强化养老机制服务等功能, 可有效满足养老群体需求方对养老服务供应性、便利性、低成本、高效率的综合需求^[2-4]。目前, 国内外学者们对社区养老服务主要从实践层面开始研究。吕娜指出我国社区养老服务模式应当立足政府和社区的职能关系, 深入探索新型的治理模式, 从而促进社会治理效能的提升^[5]。刘阳和成志刚从社会治理视角, 强调人际信任和组织关系在社区养老服务发展中的重要性, 注重养老服务人才的培养, 调整并适应社会宽容和差距带来的影响^[6]。Giraud等提出通过合作关系构建社区和医院的联络表来增加协调和沟通, 从而对老年人给予更好的照顾^[7]。Harrison等通过获得政府资助的社区养老服务批准后招募了55名社区老年人和护理人员进行横断面研究, 在面谈时评估了护理需求和护理期望^[8]。赵一红和庞志以深圳、无锡等城市社区为例, 基于结构化理论分析社区养老服务供给主体的形成, 提出结构性原则对于社区养老服务供给主体形成的决定性作用^[9]。徐金燕基于长沙市社区养老的调研数据, 运用结构方程模型对政府购买社区养老服务进行实证分析, 结果表明购买外部环境对政府的购买社区养老服务运行绩效具有直接的正向影响, 并讨论了对政府购买养老服务的间接影响因素^[10]。Chapman等指出社区养老模式能够充分地利用现有的优势资源, 政府应建设完善的服务设施, 基于互惠互利原则提供更多的政策扶持, 进而提升养老服务质量^[11]。Schmid认为政府及公共行政部门应该在社区服务中起主导地位, 加大对社区养老的财政投入, 承担社区养老的指导和监督义务^[12]。综上可知, 养老服务不断增

长的需求量及多元化运营方式对养老服务各方面的需求越来越高, 需求层次化的趋势日益明显。社区养老作为养老产业至关重要的服务流程, 将养老服务运用到实践中去, 其高效、有序、协同的社区养老系统是应对人口老龄化战略的有力保障。

目前社区养老有3种运作模式: 嵌入式养老服务模式、互助型养老模式和PPP模式。综合社区养老发展的现状及未来前景而言, 嵌入式养老服务模式更具发展空间, 也是本文研究的重点。其运作模式是指以社区为运营载体, 以资源嵌入、特征嵌入和多运营模式嵌入的理念, 通过竞争机制, 将市场化的养老方式融入社区, 整合周边养老服务资源, 为就近的老年人提供专业化、个性化的服务^[13]。但以该模式为主导的社区养老在经营运作时具有以下问题: 其一是养老供应商服务竞争力较难保障, 嵌入式社区养老需求群体对养老服务具有高品质要求, 但养老社区考虑到成本、品质等其他因素, 不愿高频率更换养老服务的供应商, 该情形下服务供应商更容易出现道德风险问题, 降低为养老需求群体服务的能力程度; 其二是养老服务中消费者权益和监管不对等, 养老消费群体是养老服务的消费者, 但政府是养老服务的监管者, 有权对养老服务进行监管, 在这种情况下很难对养老服务进行有效监管^[14]。

对于上述嵌入式社区养老运作问题, 学者们主要结合协同学理论^[15]、博弈论^[16-19]、网络理论^[20]等对其研究, 但嵌入式养老服务体系是一个复杂的运营组织, 以政府、企业、社区和养老需求群体为核心的多主体参与其中, 体系成员的策略行为对业务运营有直接影响。由于每个体系成员在业务运营中的策略选择是多重动态博弈, 因此可以利用演化博弈理论来分析和探索各方参与者的决策行为之间的动态博弈和博弈行为机理。作为处理非线性动态问题的常用方法, 系统动力学可以有效地从系统的角度描述此类问题, 目前已有学者将演化博弈与系统动力学的优势结合, 如胡俏和齐佳音运用演化博弈对数字货币进行分析, 同时结合系统动力学对博弈模型进行仿真分析, 从而厘清政府监管行为与民众参与行为关系^[21]。张陈俊等基于演化博弈构建政府补贴下供应商与制造商不同行为策略的模型, 分析了两者的技术创新投入行为的稳定策略, 并通过系统

动力学模拟, 验证了模型的有效性^[22]。Wang等构建了地方政府、企业和消费者组成的演化博弈模型来确定GTI系统的演化, 并采用系统动力学方法进行了实验模拟, 研究结果为进一步完善绿色发展理论和构建以市场为导向的GTI体系提供了参考^[23]。因此, 本文应用演化博弈理论探讨社区养老多方参与者决策行为的动态特征, 分析各方的博弈决策行为。探讨政府、养老社区和服务供应商在社区养老中行为的变化轨迹以及运行中的稳定演化策略。同时, 结合系统动力学对社区养老多方博弈的动态决策进行模拟分析, 研究社区养老中各方不同决策行为对其稳定运作状态的影响, 从而明确社区养老的运行机制, 为其经营管理提供理论决策支持。

一、嵌入式社区养老服务演化博弈模型构建

(一) 问题描述

本文的嵌入式社区养老服务供应链模式是一个“政府主导、社区集成、市场供给”的功能服务结构: 老年人作为服务供应链的消费者; 政府具有主导性作用, 负责标准的制定、主导养老服务供给及监督与评价服务过程; 以养老社区为核心, 进行养老服务需求及供给的整合; 以服务供应商为供给主体, 进行服务输出。对此, 嵌入式社区养老服务供应链模型结构如图1所示。其中, 老年群体的养老服务需求是线性的, 养老服务质量的提升会导致更多的老年群体参与社区养老, 同时产生更多的服务需求。因此, 养老社区的收益是和老年群体的满意度、参与意愿呈正相关。在以下的博弈模型中, 将具体讨论政府、养老社区和服务供应商三者关系。

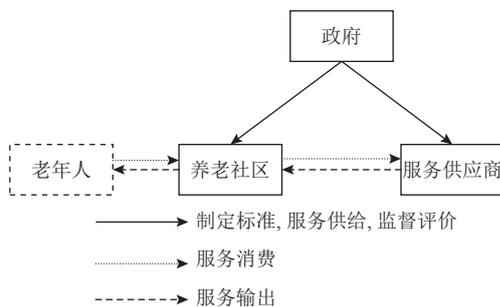


图 1 嵌入式社区养老服务供应链模型结构图

其中, 嵌入式社区养老服务供应链存在委托-代理关系, 具体关系如图2所示。在此种代理合作关系中, 政府与养老社区组织关系是基于一种以分工为基础的契约关系^[24]。政府(委托人)通过养老社区(代理人)和服务供应商(代理人)实现社区养老服务供应链的有效管理, 政府作为委托人通过

与养老社区和服务供应商提供资源、社会效益等来实现其合作关系。政府各方面的激励会促使作为代理人的养老社区和服务供应商做到尽心尽责, 努力达到社会效益的最大化。同时, 养老社区获得自身利益最大化需根据自身努力行为, 自行监督提供更好的养老服务。尽管政府、养老社区和服务供应商目标函数是不一致的, 但社会效益是联系其中的桥梁, 通过建立有效的激励约束机制, 实现各方利益的最大化。

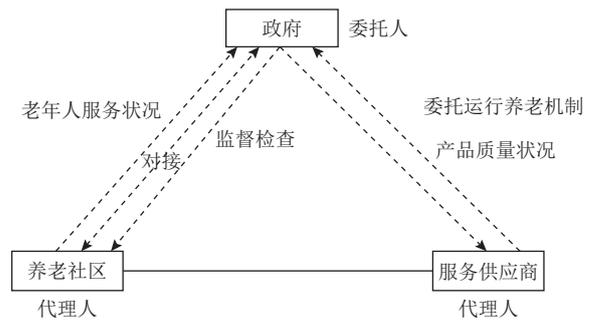


图 2 嵌入式社区养老服务供应链委托-代理关系

嵌入式社区养老服务是多个利益相关主体间的博弈, 博弈主体具有有限理性, 并且不断地通过获取外界信息进而调整自己的初始策略^[25]。嵌入式社区养老服务供应链只考虑政府、养老社区及服务供应商三个利益主体。其中, 三个利益主体都不完全知悉对方的策略和收益, 且三方的策略选择不分先后。其中, 养老服务质量的提升会导致更多的老年人参与社区养老, 同时产生更多的服务需求。政府策略集为(采取激励机制, 不采取激励机制), 采取激励机制指政府发挥主导作用, 制定相关政策制度, 提高养老服务质量的监管能力, 建立相应激励机制, 进行中间监管职责。不采取激励机制指政府对社区养老服务项目不重视, 处于被动状态, 不主动管理。养老社区策略集为(购买高质量产品, 购买低质量产品), 购买高质量产品指养老社区向服务供应商购买优良产品, 能够为老年人提供专业的服务; 购买低质量产品指养老社区向服务供应商购买低劣产品, 相对应的服务质量较差。服务供应商策略集为(不欺诈, 欺诈), 不欺诈指服务供应商提供原质量养老服务; 欺诈指服务供应商降低一个养老服务质量层级。

(二) 基本假设

假设1: 政府提供养老服务, 社会效益提高, 其基本收益为 a ($a > 0$); 养老服务需要购买土地建设养老社区, 其基本成本为 b ($b > 0$)。政府选择“采取激励机制”时, 政府为激励老年人进行消

费, 给予消费价格补贴, 因此激励成本为 c ($c > 0$); 在养老社区步入正轨, 对社会起到一个正向作用, 政府的公信力也会提升, 养老问题也会部分解决, 社会效益提高, 其政府额外收益为 d ($d > 0$)。当政府监督到养老社区没有履行合同满足老年人服务需求时, 处于处罚 e ($e > 0$); 政府监督到服务供应商有欺诈行为时, 处于处罚 f ($f > 0$), 同时给予养老社区相应的损失补贴 g ($g > 0$); 政府选择“不采用激励机制”时, 政府只提供养老服务。其中, $d > c, f > g$ 。

假设2: 养老社区受政府委托开展社区养老的服务, 老年人在养老社区消费, 养老社区获得基本收益 h ($h > 0$); 在开展社区养老, 需要建设成本和运营成本, 其基本成本为 i ($i > 0$)。养老社区选择“购买高质量服务”需要花费成本 j ($j > 0$), “购买低质量服务”需要花费成本 k ($k > 0$) (养老社区购买高质量服务就意味着当前服务设施 \geq 老年人服务需求, 反之购买低质量服务说明当前服务设施 \leq 老年人服务需求)。其中, $j > k$; 政府激励支付 l ($l > 0$); 当养老社区购买高质量服务时, 良好声誉使老年人参与率提升, 收获额外收益 m ($m > 0$), 若服务供应商欺诈则没有这项收益。

假设3: 养老社区向服务供应商购买高质量服

务, 服务供应商有收益 j , 成本 n ($n > 0$); 购买低质量服务时, 有收益 k , 成本 p ($p > 0$); 服务供应商每增加一个服务质量层级的成本递增 q ($q > 0$)。其中, $n > p > n - p > q$ 。当服务供应商选择“欺诈”, 则会受到政府的处罚 f 。

政府、养老社区和服务供应商的相关参数如表1所示。

二、嵌入式社区养老服务演化博弈稳定性分析

根据假设1、2和参数依次得到政府、养老社区及服务供应商的支付矩阵, 见表2所示。

假设政府有“采取激励机制”“不采取激励机制”策略可选择, 选择比率分别为 x 和 $1-x$ ($0 < x < 1$)。其中采取激励机制, 政府将会有额外收益, 且政府公信力提升, 养老问题能够部分解决。养老社区有“购买高质量服务”“购买低质量服务”策略可选择, 选择比率分别为 y 和 $1-y$ ($0 < y < 1$)。其中当养老社区购买高质量服务时会有额外收益, 良好声誉使老年人参与率提升, 但当服务供应商欺诈时则没有这项收益。服务供应商有“不欺诈”“欺诈”策略可选择, 选择比率为 z 和 $1-z$

表 1 政府、养老社区和服务供应商的相关参数

参与主体	参数	参数含义
政府	a	基本收益: 提供养老服务, 社会效益提高
	b	基本成本: 土地成本, 初期建设成本
	c	激励成本: 老年人消费价格补贴, 监督成本
	d	额外收益: 政府公信力提升、养老问题部分解决, 社会效益提高 ($d > c$)
	e	政府监督到养老社区没有履行合同满足老年人服务需求时的处罚
	f	政府监督到服务供应商有欺诈行为时的处罚
	g	政府监督到服务供应商有欺诈行为时, 给予养老社区相应的损失补贴 ($f > g$)
养老社区	h	基本收益: 老年人服务消费
	i	基本成本: 建设成本、运营成本
	j	购买高质量服务的成本
	k	购买低质量服务的成本
	l	政府激励支付
服务供应商	m	额外收益: 养老社区良好声誉使老年人参与率提升且满意度提高
	n	高质量服务的运营成本
	p	低质量服务的运营成本
	q	每增加一个服务质量层级的递增成本 ($n > p > n - p > q > 0$)

表 2 政府、养老社区及服务供应商的支付矩阵

服务供应商	政府采取激励机制 (x)		政府不采取激励机制 ($1-x$)	
	养老社区购买高质量服务 (y)	养老社区购买低质量服务 ($1-y$)	养老社区购买高质量服务 (y)	养老社区购买低质量服务 ($1-y$)
不欺诈 (z)	$a+d-b-c$	$a+d-b-c+e$	$a-b$	$a-b$
	$h+m+l-i-j$	$h-i-k+l-e$	$h+m-i-j$	$h-i-k$
欺诈 ($1-z$)	$j-n$	$k-p$	$j-n$	$k-p$
	$a+d-b-c+f-g$	$a+d-b-c+e+f-g$	$a-b$	$a-b$
欺诈 ($1-z$)	$h+l-i-j+g$	$h-i-k+l-e+g$	$h-i-j$	$h-i-k$
	$j-n+q-f$	$k-p+q-f$	$j-n+q$	$k-p+q$

($0 < z < 1$)。其中养老社区向服务供应商购买高质量服务和低质量服务时, 其服务供应商的收益和成本都是不一样的。

根据表2, 可求出政府采取激励机制、不采取激励机制的期望收益 U_{x1} 、 U_{x2} 和平均收益 \bar{U}_x 如下:

$$U_{x1} = yz(a+d-b-c) + y(1-z)(a+d-b-c+f-g) + z(1-y)(a+d-b-c+e) + (1-y)(1-z)(a+d-b-c+e+f-g) \quad (1)$$

$$U_{x2} = yz(a-b) + y(1-z)(a-b) + z(1-y)(a-b) + (1-y)(1-z)(a-b) \quad (2)$$

$$\bar{U}_x = xU_{x1} + (1-x)U_{x2} \quad (3)$$

同理, 养老社区购买高质量服务、购买低质量服务的期望收益 U_{y1} 、 U_{y2} 和平均收益 \bar{U}_y 如下:

$$U_{y1} = xz(h+m+l-i-j) + x(1-z)(h+l-i-j+g) + z(1-x)(h+m-i-j) + (1-x)(1-z)(h-i-j) \quad (4)$$

$$U_{y2} = xz(h-i-k+l-e) + x(1-z)(h-i-k+l-e+g) + z(1-x)(h-i-k) + (1-x)(1-z)(h-i-k) \quad (5)$$

$$\bar{U}_y = yU_{y1} + (1-y)U_{y2} \quad (6)$$

同理, 服务供应商不欺诈、欺诈的期望收益 U_{z1} 、 U_{z2} 和平均收益 \bar{U}_z 如下:

$$U_{z1} = xy(j-n) + x(1-y)(k-p) + y(1-x)(j-n) + (1-x)(1-y)(k-p) \quad (7)$$

$$U_{z2} = xy(j-n+q-f) + x(1-y)(k-p+q-f) + y(1-x)(j-n+q) + (1-x)(1-y)(k-p+q) \quad (8)$$

$$\bar{U}_z = zU_{z1} + (1-z)U_{z2} \quad (9)$$

对此, 根据上述公式(1)~(9)整理并构建政府、养老社区及服务供应商的复制动态方程分别为:

$$F(x,y,z) = \frac{dx}{dt} = x(1-x)[d-c+e+f-g+z(g-f)-ye] \quad (10)$$

$$G(x,y,z) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)[z(l-m+j-k) + xz(m-j+k) + x(e-l) + k-j] \quad (11)$$

$$H(x,y,z) = \frac{dz}{dt} = z(1-z)(xf-q) \quad (12)$$

其中, 根据各方复制动态方程分析博弈主体一方的演化稳定性, 再利用Friedman提出的雅可比矩阵的稳定性判定方法进行局部稳定性分析。

1. 政府单方的稳定性分析

根据(10)式, 令 $F(x,y,z) = 0$, 可得到系统的三个稳定点, 即 $x = 0$ 、 $x = 1$ 和 $d-c+e+f-g+z(g-f)-ye = 0$ 。

当 $d-c+e+f-g+z(g-f)-ye = 0$ 时, 政府的所

有策略均处于稳定状态;

当 $d-c+e+f-g+z(g-f)-ye \neq 0$ 时, $x = 0$ 或 $x = 1$ 是系统的稳定状态。其中, 当 $d-c+e+f-g+z(g-f)-ye < 0$ 时, $F'(x,y,z)|_{x=1} > 0$, $F'(x,y,z)|_{x=0} < 0$, 此时 $x = 0$ 是政府的演化均衡策略, 即政府选择“不采取激励机制”策略; 当 $d-c+e+f-g+z(g-f)-ye > 0$ 时, $F'(x,y,z)|_{x=1} < 0$, $F'(x,y,z)|_{x=0} > 0$, 此时 $x = 1$ 是政府的演化均衡策略, 即政府选择“采取激励机制”策略。

2. 养老社区单方的稳定性分析

根据(11)式, 令 $G(x,y,z) = 0$, 可得到系统的三个稳定点, 即 $y = 0$ 、 $y = 1$ 和 $z(l-m+j-k) + xz(m-j+k) + x(e-l) + k-j = 0$ 。

当 $z(l-m+j-k) + xz(m-j+k) + x(e-l) + k-j = 0$ 时, 养老社区的所有策略均处于均衡状态。

当 $z(l-m+j-k) + xz(m-j+k) + x(e-l) + k-j \neq 0$ 时, $y = 0$ 或 $y = 1$ 是系统的稳定状态。其中, 当 $z(l-m+j-k) + xz(m-j+k) + x(e-l) + k-j < 0$ 时, $G'(x,y,z)|_{y=1} > 0$, $G'(x,y,z)|_{y=0} < 0$, 此时 $y = 0$ 是养老社区的演化均衡策略, 即养老社区选择“购买低质量服务”策略; 当 $z(l-m+j-k) + xz(m-j+k) + x(e-l) + k-j > 0$ 时, $G'(x,y,z)|_{y=1} < 0$, $G'(x,y,z)|_{y=0} > 0$, 此时 $y = 1$ 是养老社区的演化均衡策略, 即养老社区选择“购买高质量服务”策略。

3. 服务供应商单方的稳定性分析

根据(12)式, 令 $H(x,y,z) = 0$, 可得到系统的三个稳定点, 即 $z = 0$ 、 $z = 1$ 和 $xf-q = 0$ 。

当 $xf-q = 0$ 时, 服务供应商的所有策略均处于均衡状态。

当 $xf-q \neq 0$ 时, $z = 0$ 或 $z = 1$ 是系统的稳定状态。其中, $xf-q < 0$ 时, $H'(x,y,z)|_{z=1} > 0$, $H'(x,y,z)|_{z=0} = 0 < 0$, 此时 $z = 0$ 是服务供应商的演化均衡策略, 即服务供应商选择“欺诈”策略; 当 $xf-q > 0$ 时, $H'(x,y,z)|_{z=1} < 0$, $H'(x,y,z)|_{z=0} > 0$, 此时 $z = 1$ 是服务供应商的演化均衡策略, 即服务供应商选择“不欺诈”策略。

4. 局部稳定性分析

从复制动态方程可知, 博弈主体各方策略选择的概率 x 、 y 、 z 均和时间 t 有关, 因此令 $F(x,y,z) = G(x,y,z) = H(x,y,z) = 0$, 使策略调整的速度为零, 得到三方局部均衡点, 即为系统的纯策略纳什均衡解, 分别为 $M_1(0,0,0)$ 、 $M_2(1,0,0)$ 、 $M_3(0,1,0)$ 、 $M_4(0,0,1)$ 、 $M_5(1,1,0)$ 、 $M_6(1,0,1)$ 、 $M_7(0,1,1)$ 、 $M_8(1,1,1)$ 。 M_1 、 M_8 根据Friedman提出的雅可比矩阵的稳定性判定方法进行局部稳定性分析得到:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x,y,z)}{\partial x} & \frac{\partial F(x,y,z)}{\partial y} & \frac{\partial F(x,y,z)}{\partial z} \\ \frac{\partial G(x,y,z)}{\partial x} & \frac{\partial G(x,y,z)}{\partial y} & \frac{\partial G(x,y,z)}{\partial z} \\ \frac{\partial H(x,y,z)}{\partial x} & \frac{\partial H(x,y,z)}{\partial y} & \frac{\partial H(x,y,z)}{\partial z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

$$a_{13} = x(1-x)(g-f)$$

$$a_{21} = y(1-y)[z(m-j+k)+e-l]$$

$$a_{22} = (1-2y)[z(l-m+j-k)+xz(m-j+k)+x(e-l)+k-j]$$

$$a_{23} = y(1-y)[l-m+j-k+x(m-j+k)]$$

$$a_{31} = z(1-z)f$$

$$a_{32} = 0$$

$$a_{33} = (1-2z)(xf-q)$$

其中, $a_{11} a_{33}$ 如下:

$$a_{11} = (1-2x)[d-c+e+f-g+z(g-f)-ye]$$

$$a_{12} = -x(1-x)e$$

根据雅可比矩阵特征值分析法, 对 $M_1 M_8$ 的 8 个纯策略均衡点进行稳定性分析, 结果如表 3 所示。

表 3 纯策略均衡点稳定性判定

均衡点	特征值			稳定条件
	λ_1	λ_2	λ_3	
$M_1(0,0,0)$	$d-c+e+f-g$	$k-j$	$-q$	$\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0, \lambda_3 < 0$
$M_2(1,0,0)$	$c-d-e-f+g$	$e-l+k-j$	$f-q$	
$M_3(0,1,0)$	$d-c+e+f-g-e$	$j-k$	$-q$	
$M_4(0,0,1)$	$d-c+e$	$l-m$	q	
$M_5(1,1,0)$	$c-d-f+g$	$l+j-e-k$	$f-g$	
$M_6(1,0,1)$	$c-d-e$	$e+k-j$	$q-f$	
$M_7(0,1,1)$	$d-c$	$m-l$	q	
$M_8(1,1,1)$	$c-d$	$j-k-e$	$q-f$	

通过上述分析可知, 博弈主体受到的影响众多, 演化过程较为复杂, 特征值的大小取决于各参数数值的大小。即使采用雅可比矩阵对均衡点分析, 根据已知的条件也无法确定局部稳定状态。因此, 为了更好分析复制动态方程各个均衡点的稳定性情况, 采用系统动力学方法构建嵌入式社区养老服务的仿真模型, 通过对政府、养老社区和服务供应商三者博弈过程中策略选择和最终演化稳定状态进行仿真, 更好地分析各方稳定性状态。

三、系统动力学模型构建及仿真结果分析

(一) 构建SD模型

本文采取系统动力学研究三方之间的策略情况, 从而能够更好地描述政府、养老社区和服务供应商三者之间的关系^[26]。根据相关参数, 研究出影响社区养老的具体因素。基于Vensim软件构建SD模型, 如图3所示。

图3中, 演化模型由3个水平变量、3个速率变量和16个辅助变量构成。假定政府、养老社区和服务供应商策略选择的比率 x, y, z 的初始值均为 0.5, 辅助变量的初始值为 $a=3, b=1, c=0.5, d=1, e=1.5, f=0.5, g=0.3, h=1, i=0.3, j=0.2, k=0.1, l=0.5, m=1, n=0.2, p=0.1, q=0.05$ 。

(二) 三方主体纯策略仿真分析

当三方主体策略选择均为 0 或 1 时, 具有 8 种纯策略, 分别是 $M_1(0,0,0)$ 、 $M_2(1,0,0)$ 、 $M_3(0,1,0)$ 、 $M_4(0,0,1)$ 、 $M_5(1,1,0)$ 、 $M_6(1,0,1)$ 、 $M_7(0,1,1)$ 、 $M_8(1,1,1)$, 此时系统处于平衡状态。但是该状态不可能是永恒不变的, 只要系统中一方或多方进行微小变动, 都会失去原有的平衡状态。以 $M_4(0,0,1)$ 为例, 其演变过程如图 4 (a) 所示。经过策略初始值微小的改变 ($x: 0 \rightarrow 0.01$) 和 ($x: 0 \rightarrow 0.99$), 可以发现策略均衡解 $M_4(0,0,1)$ 的均衡状态极其不稳定, 逐渐向 $M_6(1,0,1)$ 演进, 说明无论政府的策略经过如何的突变, 其策略选择最终还是会演化到 1。因此政府选择“采取激励机制”策略是最优的选择。

同理, 对 $M_2(1,0,0)$ 进行纯策略仿真分析, 其演变过程如图 5 (a) 所示。经过策略初始值微小的改变 ($y: 0 \rightarrow 0.01$) 和 ($y: 0 \rightarrow 0.99$), 可以发现策略均衡解 $M_2(1,0,0)$ 的均衡状态极其不稳定, 逐渐向 $M_5(1,1,0)$ 演进。说明无论养老社区的策略经过如何的突变, 其策略选择最终还是会演化到 1。因此养老社区选择“购买高质量服务”策略是最优的选择。

同理, 对 $M_5(1,1,0)$ 进行纯策略仿真分析, 其演变过程如图 6 (a) 所示。经过策略初始值微小的改变 ($z: 0 \rightarrow 0.01$) 和 ($z: 0 \rightarrow 0.99$), 可以发现策略均衡解 $M_5(1,1,0)$ 的均衡状态极其不稳定, 逐渐向 $M_8(1,1,1)$ 演进。其中, 当 z 突变到 0.01 时, 到 10 年之

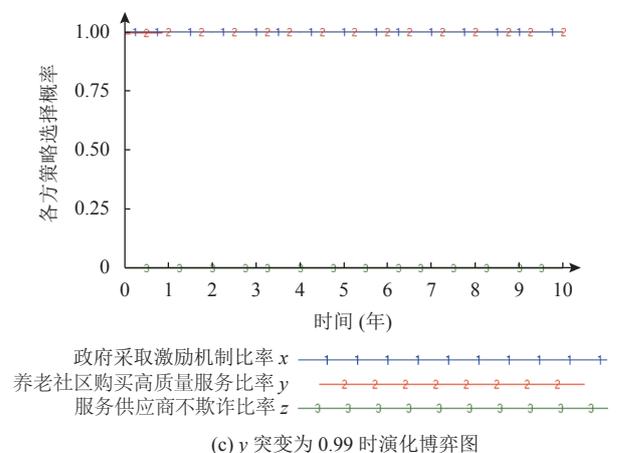
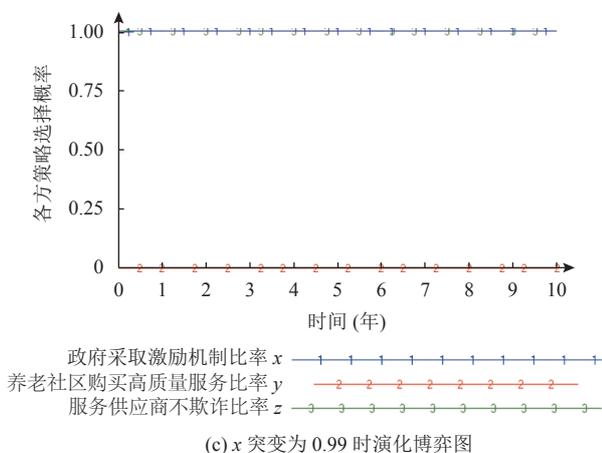
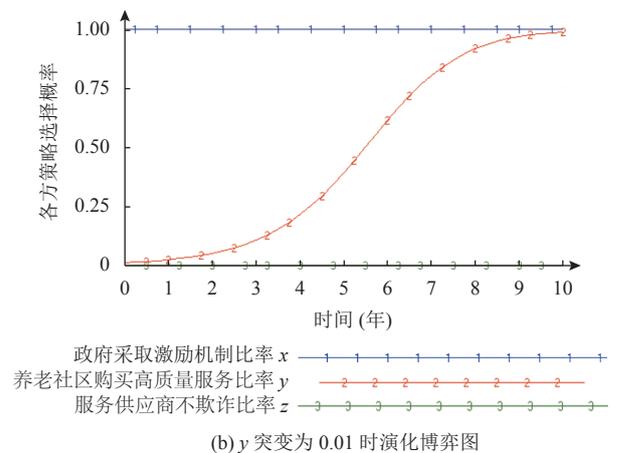
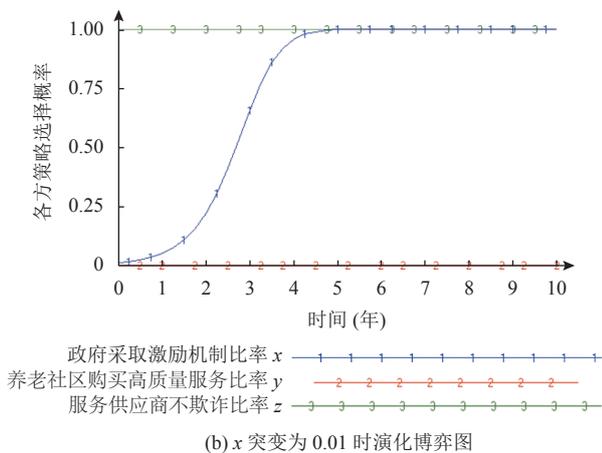
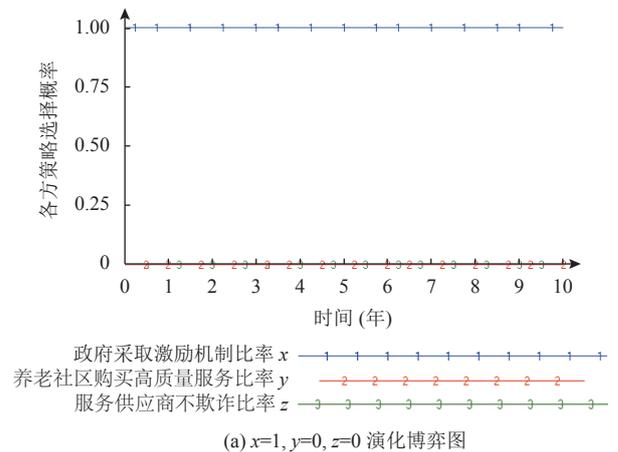
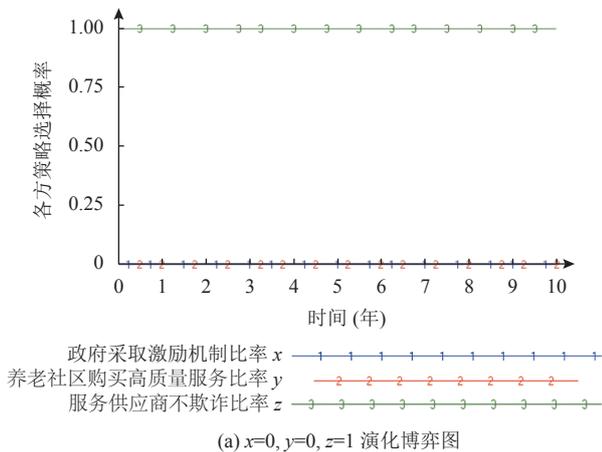


图 4 $M_4(0,0,1)$ 纯策略仿真演化博弈图及其突变变化过程 x 和 y 的值为 0，逐个分析 x 和 y 值对 z 演化的影响，结果如图 9 (b) 和 (c) 所示。由图可知，当 $x=0$ 时说明政府不采取激励机制，但养老社区购买低质量服务比率逐渐提高到购买高质量服务，结果显示呈下降的趋势，说明政府不进行监督管理委员会会导致服务供应商选择“欺诈”行为，该行为一旦被识破，将会流失养老社区和老年群体的信任。当 $y=0$ 时，其呈现的图像与图 9 (a) 步调一致，说明政府是否采取激励机制对服务供应商的影响较小，不会改变服务供应商最终的决策，对服务供应商其最大作用的

图 5 $M_2(1,0,0)$ 纯策略仿真演化博弈图及其突变变化过程是 y 值，即养老社区购买高质量服务的比率。服务供应商若存在欺诈行为，这大大影响了自身后续发展，且将受到政府的惩罚。为了可持续发展，服务供应商将选择“不欺诈”行为。当品质得到保障时，老年群体对养老社区的服务一致好评，服务供应商将会有更广大的市场，这是一种连锁反应。

(四) 外部变量对策略选择的影响分析

为了进一步讨论各因素对三方主体的影响程度，本文将影响策略的因素归纳为：政府额外收益 d 、养老社区购买高质量服务的成本 j 、政府监督到

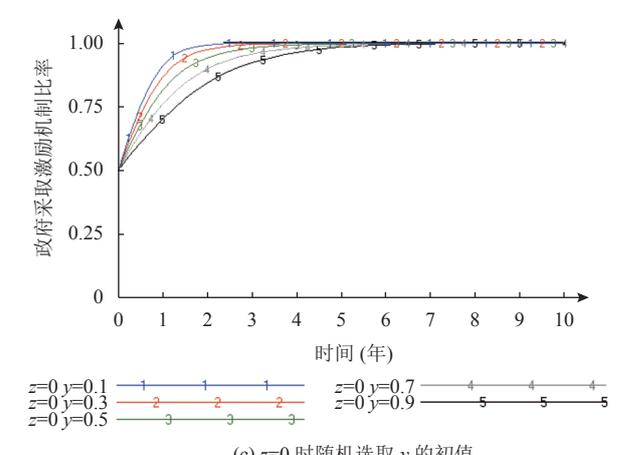
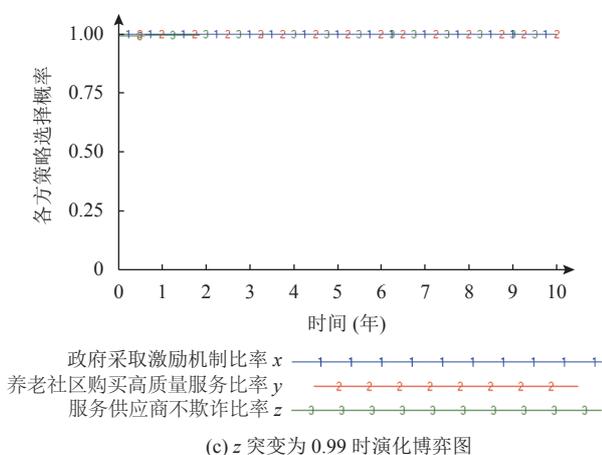
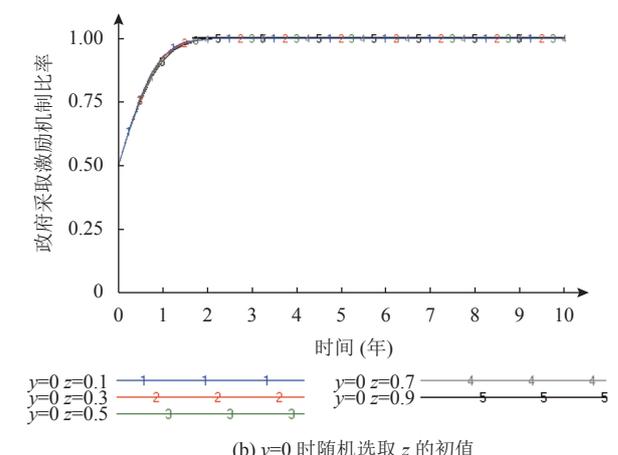
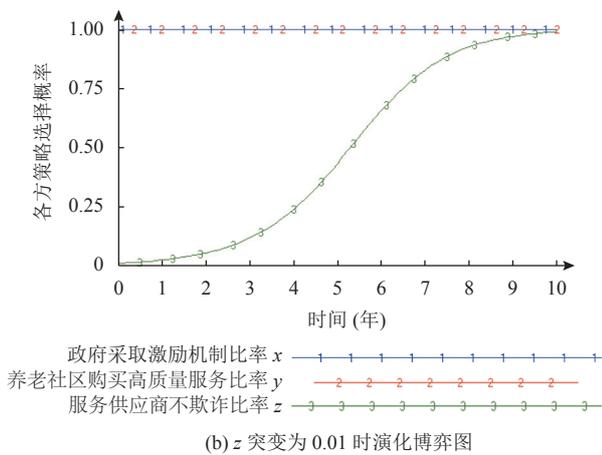
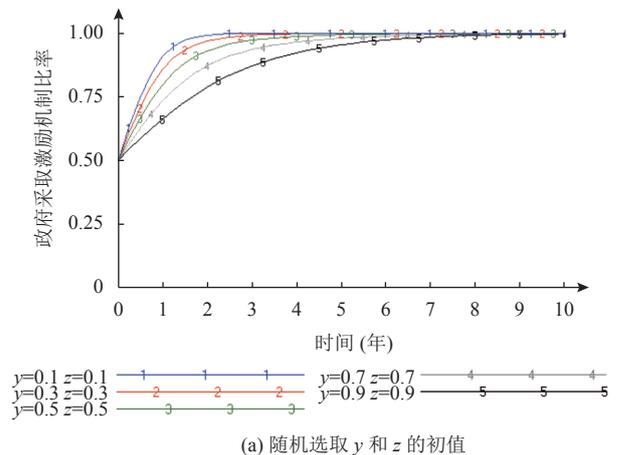
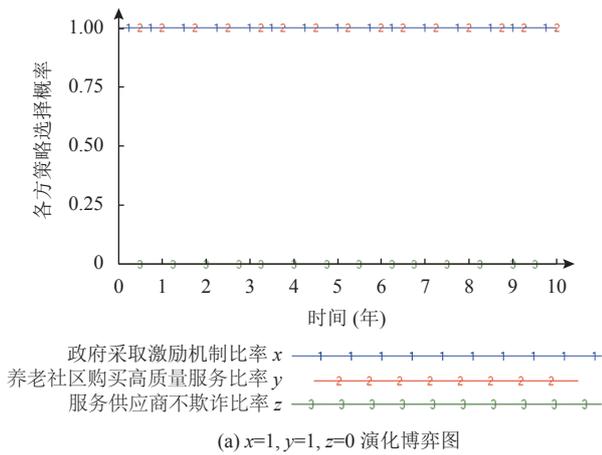


图 6 $M_5(1,1,0)$ 纯策略仿真演化博弈图及其突变变化过程

图 7 y 和 z 初值变化对 x 演化的影响

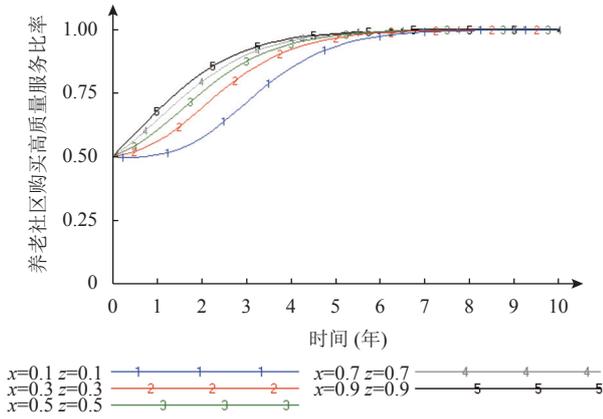
养老社区没有履行合同满足老年人服务需求时的处罚 e 和养老社区额外收益 m , 通过改变各因素的值来分析其影响情况。除研究的因素外, 其他因素的值保持不变。

1. 政府额外收益

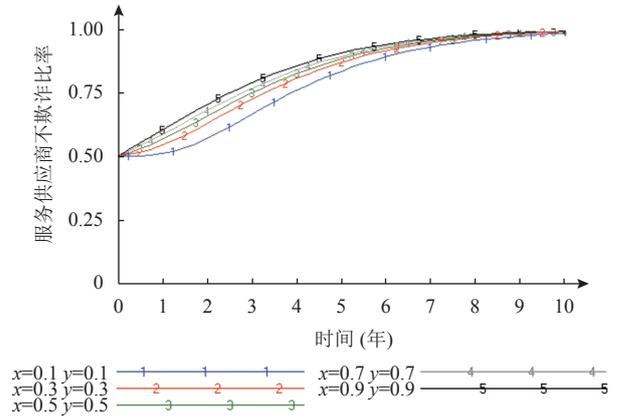
d 为政府额外收益, 初始状态设置为 $d = 0.2$, 从而讨论在 d 设置不同初始值时, 对 x 、 y 、 z 演化的影响。分别取 $d = 0.2, d = 0.5, d = 1$, 政府、养老社区及服务供应商策略变化情况如图 10 所示。

由图 10 可知, d 的初始值改变对政府、养老社

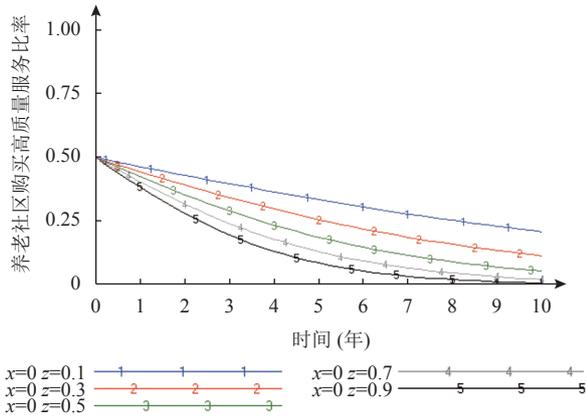
区和 服务 供应 商 的 选 择 影 响 不 大, 仍 为 “ 采 取 激 励 机 制 ” “ 购 买 高 质 量 服 务 ” 和 “ 不 欺 诈 ” 行 为。由 图 10 (a) 可 知, 随 着 政 府 额 外 收 益 的 递 增, 政 府 采 取 激 励 机 制 的 比 率 也 大 幅 度 提 升, 逐 渐 向 1 演 化, 说 明 了 社 会 养 老 问 题 能 够 大 致 解 决, 且 提 高 了 社 会 益 益。当 政 府 额 外 收 益 提 高 时, 嵌 入 式 社 区 养 老 体 系 在 现 阶 段 能 够 解 决 养 老 问 题, 老 年 群 体 的 生 活 质 量 和 服 务 满 意 度 逐 渐 提 升, 社 会 是 往 一 个 正 向 方 向 进 步。由 图 10 (b) 可 以 发 现, 其 整 体 还 是 演 化 到 1。随 着 政 府 额 外 收 益 的 递 增, 政 府 的 公 信 力



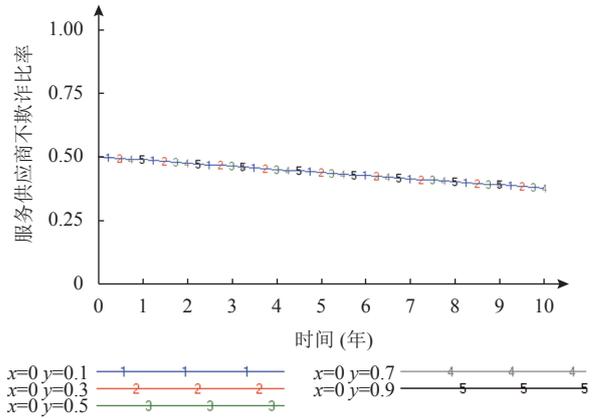
(a) 随机选取 x 和 z 的初值



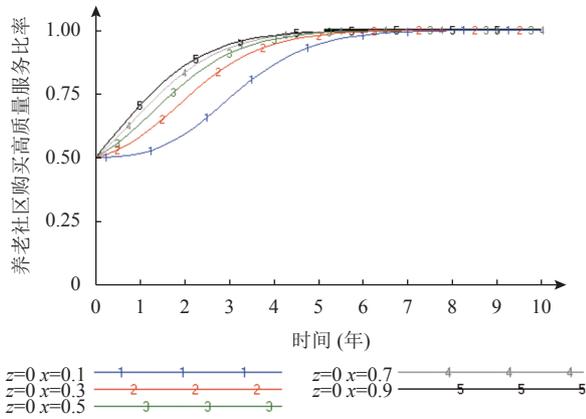
(a) 随机选取 x 和 y 的初值



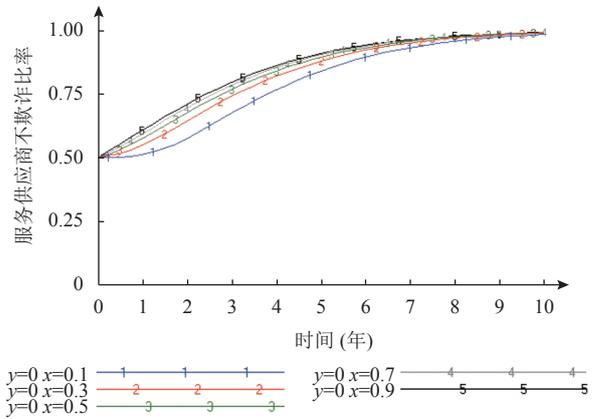
(b) $x=0$ 时随机选取 z 的初值



(b) $x=0$ 时随机选取 y 的初值



(c) $z=0$ 时随机选取 x 的初值



(c) $y=0$ 时随机选取 x 的初值

图 8 x 和 z 的初值变化对 y 演化的影响

图 9 x 和 y 的初值变化对 z 演化的影响

使老年群体参与率提高，其养老社区购买高质量服务的比率也逐渐大幅度递增，这说明越来越多老年人适应体系。由图10(c)可以发现，随着政府额外效益的递增，其服务供应商演化速度也逐渐向1靠近，说明在整个社会效益提升了之后，服务供应商只会选择“不欺诈”行为，其不欺诈行为也会使广大养老社区和老年群体感到安心。综上可知，随着政府额外收益的增加，政府、养老社区和服务供应商都是往正向的方向发展。

2. 养老社区购买高质量服务的成本

j 为养老社区购买高质量服务的成本，初始状态设置为 $j=0.1$ ，从而讨论在 j 设置不同初始值时，对 x 、 y 、 z 演化的影响。分别取 $j=0.1$ ， $j=0.2$ ， $j=0.5$ ，各主体策略变化情况如图11所示。

由图11可知，在 j 设置不同初始值时，最终政府、养老社区和服务供应商选择的行为都是不变的。其中由图11(a)和(c)可以发现，当改变 j 的初始值时，对政府和服务供应商的影响非常

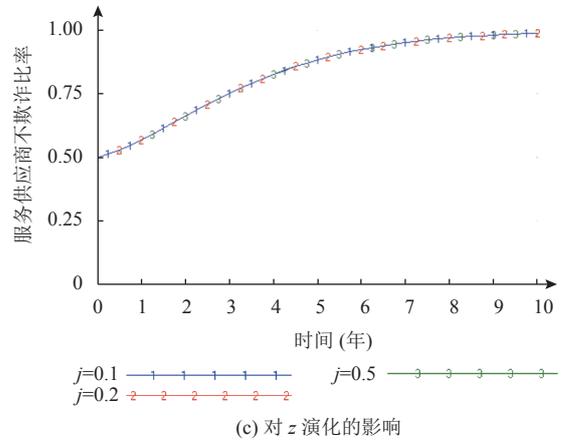
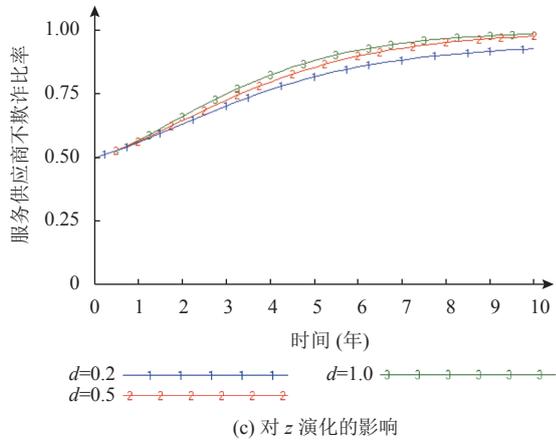
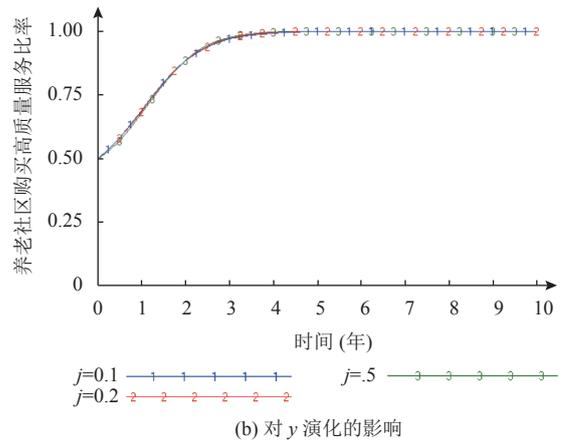
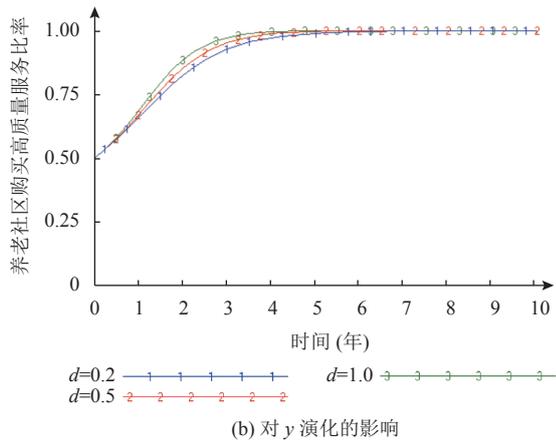
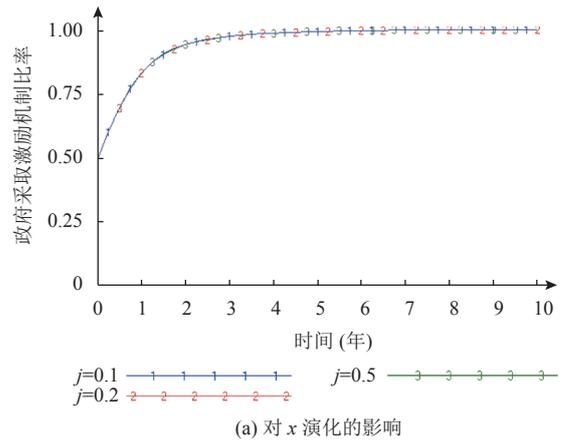
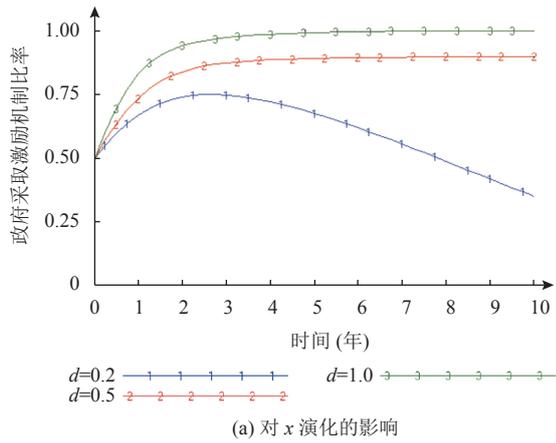


图 10 d 初值变化的影响

图 11 j 初值变化的影响

小, 可忽略不计。说明了不管养老社区购买高质量服务成本是多少, 政府采取激励机制和服务供应商不欺诈的比率均演化到1。从图11 (b) 得知, 当选取 j 的初始值为0.1、0.2和0.5时, 其购买高质量服务比率在0-2年和2年之后, 影响是不同的。在起步阶段若购买过高质量的服务, 可能适得其反。老年群体需要适应嵌入式社区养老体系, 所以购买对等质量的产品可让养老社区可持续发展。到中后期, 老年群体对该体系有一定的认知, 并且对服务满意度逐渐提升之后, 养老社区购买高质量服务比率上

升, 拉满老年群体的满意度, 解决大部分养老问题。虽然购买高质量服务的成本对养老社区会有一些影响, 但影响较为有限, 最终都是演化到1, 说明只要养老社区能有好的服务, 购买高质量服务的成本合理的话, 都是往一个正向方向发展。

3. 政府监督到养老社区没有履行合同满足老年人服务需求时的处罚

e 为政府监督到养老社区没有履行合同满足老年人服务需求时的处罚, 初始状态设置为 $e = 1$, 从而讨论在 e 设置不同初始值时, 对 x 、 y 、 z 演化的影

响。分别取 $e = 1, e = 1.5, e = 2$, 各主体策略变化情况如图12所示。

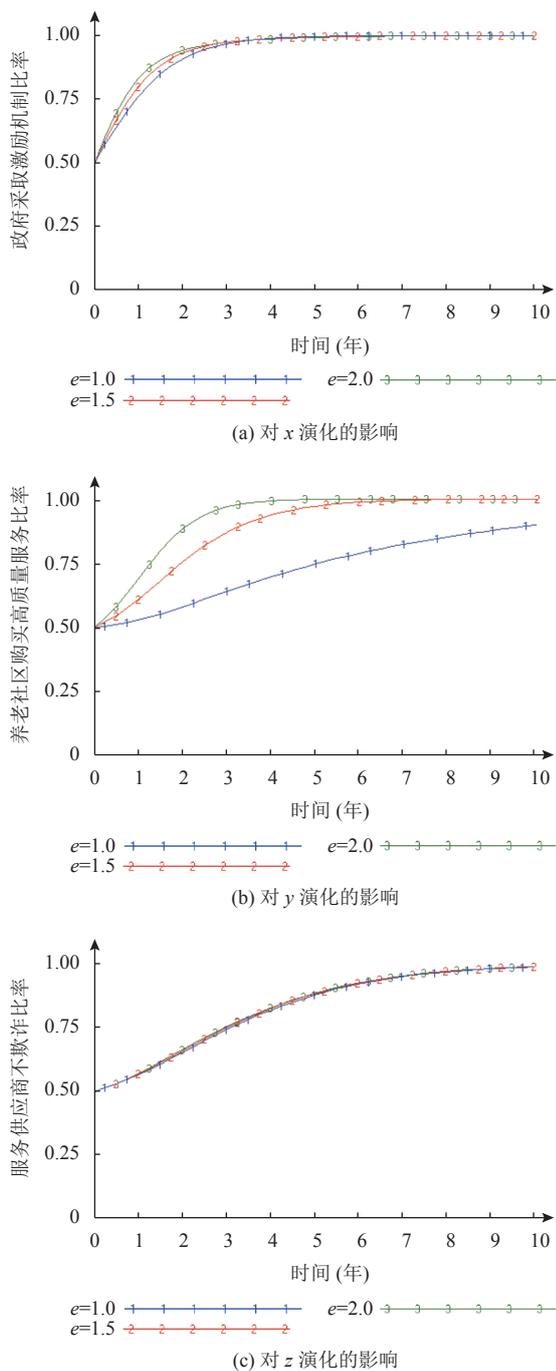


图 12 e 初值变化的影响

由图12 (a) 可知, 随着处罚的初始值增加, 政府采取激励机制比率也逐渐增加, 最终演化到 1, 说明了政府监督机制起到一个很好的作用, 同时也增加了社会效益。由图12 (b) 可知, 处罚力度的增大, 养老社区会选择购买高质量服务。因此, 政府监督到养老社区没有履行合同满足老年人服务需求时的处罚能够影响养老社区的决策。当处罚较为严重时, 养老社区就会极其重视问题, 更好

地服务老年人, 老年人在养老社区的满意度也随之提高, 说明政府的监督机制是十分重要的。由图12 (c) 可知, 该处罚对服务供应商的影响较小, 最终都会演化到1, 说明服务供应商选择“不欺诈”行为, 对自身可持续发展是一个重要的决策。

4. 养老社区额外收益

m 为养老社区额外收益, 包括老年群体的满意度及参与率。初始状态设置为 $m = 0.5$, 从而讨论在 m 设置不同初始值时, 对 x, y, z 演化的影响。分别取 $m = 0.5, m = 1, m = 1.5$, 各主体策略变化情况如图13所示。

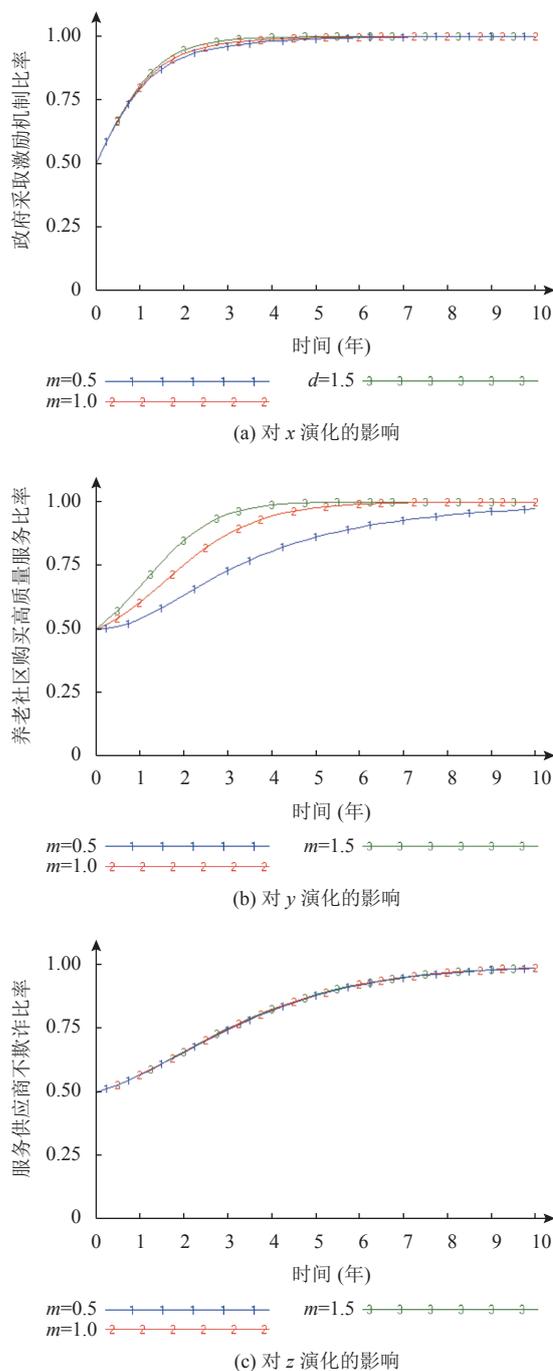


图 13 m 初值变化的影响

由图13(a)可知,随着养老社区额外收益增加,政府采取激励机制比率也逐渐演化到1,说明当老年群体满意度和参与率提升时,政府则会加大对嵌入式社区养老体系的激励。由图13(c)可知,养老社区额外收益对服务供应商影响较小,最终都会演化到1,说明服务供应商为了其自身可持续发展,必然会选择“不欺诈”行为。由图13(b)可知,随着老年群体满意度和参与率提升,养老社区购买高质量服务比率也逐步提升,最终演化到1。可以体现,高质量的服务质量能够带给老年群体舒适的生活环境,老年群体对嵌入式社区养老满意度逐步提升,吸引更多居家老人共同参与,极大程度缓解了养老问题。

四、结束语

对于老龄化问题,社会即将面临经济增长的负面影响、养老保险压力增大、家庭负担沉重等问题。依照养老地点、功能和照料主体的差异性等方面创造养老社区,提供日托照料、医疗等服务,具有“低成本”“高效率”的优点,是现代养老的最优选择。因此,本文将研究视角放在了社区养老方面,建立了政府、养老社区和服务供应商三方演化模型和系统动力学模型,并采用*Vensim*软件分析讨论各个主体策略的相互作用和因素的影响,最终得到以下结论:

1. 在通过稳定性分析和系统动力学模型双重验证可以发现,最终三方采取的行为为:政府选择“采取激励机制”行为,养老社区选择“购买高质量服务”行为,服务供应商选择“不欺诈”行为。当政府“不采取激励机制”、养老社区选择“购买低质量服务”行为时,服务设施无法满足老年群体的需求,老年群体则不会再选择嵌入式社区养老服务。当政府“不采取激励机制”、服务供应商选择“欺诈”行为时,一旦该行为被发现,老年群体也将不再使用该服务进行养老。

2. 辅助变量仿真分析中 d 、 j 、 e 、 m 是促进社区养老的重要因素。在改变政府额外收益的初值时,如果额外效益过小,也就是说明其社会效益、政府公信力较低,养老问题尚未解决,政府有可能就不采取激励机制,但随着额外收益的增大,政府就会选择“采取激励机制行为”。在改变养老社区购买高质量服务成本初始值以及处罚 e 和额外收益 m 时,其主要影响还是养老社区,但影响较小,虽有小范围的波动,最终都会采取“购买高质量服

务”行为。服务供应商考虑到有可能引发“得不偿失”的后果,不敢欺瞒广大消费者,所以虽然前期可能会受到影响,但最终考虑可持续发展,都会选择“不欺诈”行为。

结合上述研究结论,提出以下几点建议:

1. 突出政府职责。政府作为社区养老体系建设的重要主体,应该施展在社区养老体系的主导作用,做好宣传及教育工作,运用当前发达的社交网络大力宣扬我国尊敬老人爱护老人的优秀传统文化,营造尊老敬老爱老的社会风范。同时政府还应当给老年人宣传社区养老体系的优势,激发老年人在社区居家养老中的自主性,帮助老年人在养老方面上树立正确的观念,发挥老年人对社区的主体意识,消除老年人在社区养老体系中的劣势地位,化被动为主动,使社区养老服务体系可持续发展,弥补机构养老资源不足的短板。但同时也不能过多的干预,应当按照管办分离,政事、政企分开的原则,引入市场化竞争机制,积极调动社会多方力量参与。

2. 设置合格的质量评估体系。为了鼓励养老社区,杜绝服务供应商的欺诈行为,则需要一套标准、规范的评估体系,维护老年人的权益。应该借鉴国内外先进经验,立足于国内社区养老工作实际,制定相应的行业标准,加强社区养老的质量监管。同时评估机构的相关工作应公开化、透明化,社会群众能够全方位监督社区养老工作。政府还应当制定社区养老体系相关的质量绩效管理办法,养老服务评估机构及服务人员的服务质量测度结果,对其作出相应的奖励或惩罚。定期评估社区养老工作及调查老年人服务需求,同时对养老社区老年人进行满意度调查,对养老社区以及服务供应商的失信行为进行惩罚,根据本文的结论,惩罚的额度不可过高,过高会使政府的积极性降低。

3. 建设整体性国家监管体系。建设整体性国家监管体系,需要同时兼顾政府监管体系、社会监管体系及市场监管体系,强调三个监管主体之间的优势及互补关系,并协同共进,共同推动社区养老体系可持续发展。政府的监管需要注重先进化、专业化及智能化,与时俱进,运用最专业的技术和先进的方法来提高监督的效率。社会监管需要社会个体和团体积极有效参与,提供可靠的信息,使社区养老监管体系更完善。在当前社交媒体发达的时代,社会监督能够很好地平衡政府以及市场。市场优胜劣汰是市场自我监管机制,市场规律能够很好地体现。社区养老最终能够实现自我监管,同时还能

对政府监管以及社会监管进行监督。因此建设整体性国家监管体系能够较好地促进社区养老服务体系的完善, 极大程度地缓解养老压力。

参考文献

- [1] 白维军. 养老服务高质量发展: 何以可能? 何以可为? [J]. 社会科学战线, 2019(7): 222-228.
- [2] 石园, 纪伟, 张智勇, 等. 基于差异化服务内容的社区养老服务需求与供给协调机制研究[J]. 人口与发展, 2019, 25(3): 47-56.
- [3] HUR J S. The current environments, issues, and implications of the home and community-based service (HCBS) for the elderly in the United States[J]. Journal of Social Science, 2008, 10: 193-221.
- [4] 陈文秀, 石懿. “十四五”时期智慧社区养老发展影响因素及其对策研究[J]. 经济研究参考, 2021(9): 21-37.
- [5] 吕娜. 基于社会治理的社区养老服务模式研究[J]. 环境工程, 2021, 39(10): 223.
- [6] 刘阳, 成志刚. 基于社会凝聚的城市社区养老服务满意度研究[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2021, 45(5): 92-98.
- [7] GIRAUD J, THEVENET M, HADDAD R, et al. A tool for improving the transition between hospital and community care for the elderly[J]. Soins Gerontol, 2017: 34-39.
- [8] HARRISON F, LOW L F, BARNETT A, et al. What do clients expect of community care and what are their needs? the community care for the elderly: needs and service use study (CENSUS)[J]. Australasian Journal on Agng, 2014, 33(3): 206-213.
- [9] 赵一红, 庞志. 城市社区养老服务供给主体的结构化分析[J]. 学术研究, 2020(9): 52-58.
- [10] 徐金燕. 政府购买社区养老服务运行绩效影响因素的实证研究——以长沙市为例[J]. 湖南社会科学, 2020(2): 157-165.
- [11] CHAPMAN S A, KEATING N, EALES J. Client-centred, community-based care for frail seniors[J]. Heart Lung & Circulation, 2003, 11(3): 253-261.
- [12] SCHMID H. The Israeli long-term care insurance Laz: selected issues in providing home care services to the frail elderly[J]. Health & Social Care in the Community, 2005, 13(3): 191-200.
- [13] 吴琼, 赵光红, 程瑜, 等. 老年人视角下社区嵌入式养老服务的质性研究[J]. 护理学杂志, 2021, 36(20): 19-22.
- [14] 盛见. 我国养老产业供需失衡问题及其对策研究[J]. 中州学刊, 2018(11): 52-57.
- [15] 王鑫, 王明寿. 大数据背景下社区养老服务体系的协同构建研究[J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2020, 48(1): 36-45.
- [16] CHEN T, PAN J, HE Y, et al. Evolutionary game model of integrating health and care services for elder people[J]. Complexity, 2020(4): 1-13.
- [17] WANG P, WANG J. The game relationship between government and individual in China rural endowment insurance[J]. International Journal of Management and Fuzzy Systems, 2018, 4(1): 1-6.
- [18] 于大川. 社会养老保险中的博弈困境分析及对策[J]. 齐齐哈尔大学学报(哲学社会科学版), 2007(3): 52-54.
- [19] 周海英, 黄蕾嫣, 张小玲. 博弈论的养老服务供应链竞争策略研究[J]. 广州航海学院学报, 2018, 26(4): 62-65.
- [20] 王啸宇, 于海利. 行动者网络视域下养老服务多元协同供给结构研究[J]. 学习与实践, 2020(5): 113-121.
- [21] 胡俏, 齐佳音. 基于SD演化博弈模型数字货币扩散演化仿真研究[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(5): 1211-1228.
- [22] 张陈俊, 俞夏蕾, 涂俊玮, 等. 供应链企业技术创新投入的演化博弈[J]. 统计与决策, 2020, 36(21): 163-167.
- [23] WANG M, LI Y, CHENG Z, et al. Evolution and equilibrium of a green technological innovation system: simulation of a tripartite game model[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 278(11): 123944.
- [24] 王中昭, 陈喜强, 曾宪友. 社区政府与社区组织的委托代理关系模型[J]. 统计与决策, 2006(4): 7-9.
- [25] 马跃如, 文铮, 易丹. 多主体视角下的养老服务监管系统动力学研究[J]. 西北人口, 2020, 41(6): 88-101.
- [26] 李晓华, 邵举平, 孙延安. 基于SD及三方博弈的低碳供应链消费市场活力激发研究[J]. 工业工程, 2021, 24(4): 150-159.

编辑 邓婧