

新型智慧城市建设中利益分配影响因素的演化博弈分析与仿真

夏晓忠¹, 周永利¹, 侯艳玲¹, 张新侨², 张小娟³

(1. 泰华智慧产业集团股份有限公司, 济南 250101; 2. 中国人民解放军国防大学, 北京 100091;
3. 山东工艺美术学院, 济南 250300)

摘要:对新型智慧城市建设中各参与方收益分配的原则和影响因素进行了探讨,从宏观层面上,运用演化博弈理论对政府和私营部门之间的非对称性重复博弈进行了分析,对影响各方策略选择的相关因素进行了实验仿真,揭示了风险分担、损失转移、激励与惩罚等因素对影响合作稳定性的规律,为制定新型智慧城市PPP项目建设和管理的政策制度提供借鉴。

关键词:新型智慧城市;利益分配;博弈论

中图分类号:F064.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)4—0059—08

新型智慧城市促进城市发展从资源驱动到创新驱动的模式转型,相较于注重技术与管理的传统智慧城市,新型智慧城市更加关注以人为本的城市管理理念,满足市民物质和精神各方面需要,注重市民参与城市发展,以智慧应用推动城市进步,提升城市承载能力和服务效率,展现城市个性和特色。

截止2015年,约有290个城市(区、镇)获得住建部、科技部的批准,开展国家智慧城市试点建设。各省、市开展的智慧城市建设项目已达600余个,沿海发达地区成为建设的集中区域。2016年,国家“十三五”规划纲要明确提出“建设一批新型示范性智慧城市”,由此开启了新一轮全面建设和阶段性转型升级、高速发展的智慧城市建设阶段。同时,在新型智慧城市机制设计、建设模式、体系架构等理论方面也在积极探索和创新突破。

一、新型智慧城市PPP建设模式及研究现状

新型智慧城市建设是一项复杂的系统工程,跨越政府多个部门、涉及社会多个行业,投资金额大、建设周期长,且是一个长期渐进的实施过程。目前,我国经济正处于转型期,下行压力持续加大,新型智慧城市基础设施建设资金需求巨大,各级政府采取引入社会资本参与基础设施建设,以缓解财政压力的公私合作PPP(public-private-partnership)模式已成为新型智慧城市建设的一种重要项目运作模式。

(一)新型智慧城市PPP建设模式

PPP建设模式体现的是一种政府与社会资本的合作关系,在新型城镇化建设的背景下,财政部明确提出在“公共领域建立起一种长期的关系”,投资回报可以采取“政府付费”和“使用者付费”的方式^[1]。PPP模式是指政府与社会资本之间建立的利益共享、风险分担及长期合作的关系,以特许经营协议为基础,授权私营商代替政府建设、运营或管理公共基础设施并提供公共服务,通过合同来明确双方的权利和义务,实现增强公共产品和服务供给能力、提高供给效率。

(二)新型智慧城市PPP建设研究现状

目前,对于新型智慧城市PPP建设模式的研究国内外学者主要关注制度探索、模式创新,以及经验总结等方面。其中在制度探索方面,郭雨晖等^[2]研究表明智慧城市政策呈现供给型政策工具过溢、环境型政策工

收稿日期:2020—01—20

基金项目:山东省重大科技创新工程项目“面向城市治理的人工智能视频分析和决策平台”(2019JZZY010121)

作者简介:夏晓忠(1975—),男,山东荣成人,博士,泰华智慧产业集团股份有限公司工程师,研究方向:智慧城市、军事后勤管理、网络安全与网络管理;周永利(1970—),男,山东滨州人,博士暨博士后,泰华智慧产业集团股份有限公司副总裁,高级工程师,研究方向:智慧城市;侯艳玲(1983—),女,山东潍坊人,硕士,泰华智慧产业集团股份有限公司高级工程师,研究方向:智慧城市、环境科学与工程;张新侨(1973—),男,辽宁大连人,硕士,中国人民解放军国防大学联合勤务学院副教授,研究方向:军事物流;张小娟(1978—),女,山东聊城人,英国密德萨斯大学博士研究生,山东工艺美术学院副教授,研究方向:环境智能、视觉传达设计。

具较弱、需求型政策工具缺位,提出适度调整新型智慧城市政策工具比例、区别性制定顶层设计等。韦颜秋和李瑛^[3]认为新型智慧城市的建设应与其内涵、特征、理念相协调,对新型智慧城市建设的思路、机制、方法等方面进行重构。钱斌华^[4]提出可以将完善的监管机制、合理的风险分担机制作为保障公私合作模式有效手段。在模式创新方面,张育雄和王思博^[5]从运营模式、合作机制等方面提出利用互联网思维创新运营模式,完善利益相关方协同合作机制。在经验总结方面,郭会明等^[6]在分析当前智慧城市建设运营模式的优势和不足的基础上,从融合服务平台和专项领域两个方面提出智慧城市可运营的范畴。

纵观我国智慧城市以及新型智慧城市建设和研究探索,总体发展态势良好,但由于对新型智慧城市的概念认识、整体规划、建设模式、运行机制等关键领域还缺乏成熟、完善、统一的理论体系。在红火的表象下,新型智慧城市理论研究和建设实践仍面临诸多问题,如缺乏成体系的、科学的利益分配和风险分担机制,研究多以定性分析为主,较少进行定量分析,难以形成有说服力的结论。本文试从博弈论的角度对新型智慧城市建设与运营过程中各方参与人如何合理确定利益分配进行研究、对公私部门合作过程中策略选择的影响因素进行分析和仿真,希望为新型智慧城市健康可持续发展提供理论借鉴。

(三)新型智慧城市建设中利益诉求的内在逻辑

由于新型智慧城市建设建设周期长,投入资金巨大,政府部门或社会私营企业都难以单独承担建设费用,还需从其他融资渠道筹措资金。因此,新型智慧城市建设和运营可能的参与者包括政府、私营企业、公众,以及银行、证券、保险等投资方。合作关系结成后,也就意味着利益分配格局即将形成,显然各合作方追求的最终目标都是实现自身利益的最大化,包括社会利益和经济利益,而这些目标一般来说并不完全一致,如果各方利益矛盾不能有效化解,致使合作破裂,甚至导致智慧城市项目无法完成,因此需要建立一套合理的利益分配机制。

新型智慧城市建设与运营中利益分配机制的确立受多方因素影响,如合作方资金和权益的投入、风险的分担比例,以及贡献度等,这既是利益分配的确定参考因素,也是参与建设的激励和导向因素。新型智慧城市建设内容广泛,不同项目类型的投资收益比有很大差别,高收益领域受到社会资本的青睐,而一些民生工程不仅投资周期长、建设难度大,而且缺乏成熟稳定的盈利模式,社会资本少有问津。这些问题都可以通过合理的利益分配机制进行调节,并通过资本引导予以解决。

新型智慧城市建设中利益分配不可避免的涉及到政府部门和私营企业之间的风险管理问题,收益总是与承担的风险相匹配。因此,在新型智慧城市规划阶段应当按照财政部划分的风险分担提前设计一套相应的利益分配机制,用以指导新型智慧城市建设和运营过程中各参与方的利益分配,保护投资方的经济利益,实现投资预期,应具有利益调整补偿机制,适时调节因不可预见因素导致的投资方利益亏损或超额收益。

二、收益分配的原则和影响因素分析

成功实施新型智慧城市 PPP 建设模式的关键是如何对项目收益进行分配,各参与方应在建设之初就对这个问题的达成共识,合理的分配方案能够激发合作,实现建设目标。

(一)收益分配的基本原则

收益分配主要遵循互惠互利原则、整体利益最优原则和风险与收益对称原则。互惠互利是一种对等原则,也是合作得以开展的基础,已成为开放的现代市场经济的共识。在政府部门与私有资本合作的过程中,政府部门要从“管理者”转变为“合作者”,充分保证社会资本的利益,尊重其经济方面的诉求,同时也要关注新型智慧城市建设的社会效益和经济效益,努力形成政府、公众消费者、私营企业和社会资本多赢的局面。整体利益是项目的综合评价标准,各参与方收益的取得都是以整体利益的实现为前提。PPP 建设模式的逻辑就是政府部门和私营企业取长补短、发挥各自优势,最大化整体效益。风险与收益对称原则是新型智慧城市 PPP 建设模式“风险共担、利益共享”特征的具体体现。参与方风险主要体现在资源的投入方面,一般而言投入越大,回报期望越高,风险也越大,而合作投资有利于降低建设的总风险^[7]。同时也要考虑经营性风险,建立收益与风险联动机制,保持合作联盟的稳定性。

(二)收益分配的影响因素

一是资源。资源包括社会资源和自然资源,具体有政策、技术、土地、人、财、物等无形和有形资本。资本的特性是追求利润最大化,尤其是私有资本投入的目标就是为了追求更多的利润,通过公私合作,政府部门

关注社会效益和经济效益的实现,私营部门希望获取经济收益最大化。政府部门和私营部门承担建设任务不同,资源结构也不相同,通过等值换算,按照投资越大收益越高的原则确定。

二是风险。风险分配是风险管理的一个关键环节,是指对因项目各种不确定性造成的损失进行划分的过程。合作联盟中的风险分配有最优风险分配原则、激励相容原则、风险上限原则、公平原则、动态原则等,就是对风险最有控制力的参与方承担相应风险,收益最大的参与方承担最大风险、设置社会资本承受风险上限、风险分担和收益分配兼顾公平与效率,以及根据建设阶段构建动态风险分配和更新机制。本文在风险因素方面借鉴了柯永建^[8]研究的“导致中国PPP项目损失的37类风险因素”的部分研究成果。

三是满意度。公众的满意度是新型智慧城市建设的出发点和落脚点,也是衡量项目建设成败的重要标准。满意度要和投入成本相匹配,要确保参与方都能得到相应的投资回报,如果以牺牲资本收益换取公众满意度,则公共产品和服务供给将难以为继,满意度最终也无法实现。

四是贡献。各参与方的收益应当以各自的贡献水平为基准,只有如此,项目建设才能顺利完成,获得预期收益,贡献度越大,相应的收益自然越高。

五是监督。监督包括政府部门的监督和社会公众的监督。政府部门是建设的主导者,也是投入者,担负着各方利益的协调工作,对私营部门损害公共利益的行为实施监管。社会公众是公共产品和服务的消费者,也是最终受益者,其感受是新型智慧城市建设成效的最真实体现,因此社会公众的监督反馈对项目收益的分配至关重要。一般而言,社会公众的监督主要在运营阶段,可以作为收益分配动态调整的重要参考。

以上是对收益分配产生影响的一些最基本因素,在实际建设中,项目不同,建设模式和融资方式也不尽相同,在此基础上可以结合实际情况进行调整。收益分配影响因素多为定性指标,有些很难定量给出,可以采用专家评分法进行合理量化。新型智慧城市收益分配模式主要有固定支付和产出分享模式,其中产出分享模式由各方参与人根据预先确定的收益分配系数从最终收益中分配利润,体现了风险共担、利益共享的联盟合作原则,成为新型智慧城市建设项目普遍接受的模式。本文主要针对新型智慧城市收益分配的分享模式进行研究。

三、基于演化博弈模型的收益分析

对于新型智慧城市建设各参与方收益的分析可以采用从局部到宏观,从单次博弈到重复博弈的思路进行,以简化分析过程。实际上各参与方都希望通过相互合作,实现公共产品和服务高效供给,综合收益最大化的共同目标,因此可以将各参与者视为一个合作联盟体。每次的项目合作,都是一次合作博弈的过程,而新型智慧城市建设是城市发展的必然趋势,也是各参与方自主结成合作联盟,不断重复合作博弈的过程。

(一)联盟收益分配Shapley模型分析

在联盟体中,成员间收益分配是一种合作博弈结果,成员收益与其边际贡献正相关,各自所获收益分配为其全部可能的合作模式产出边际贡献的均值,即Shapley值。

设参与收益分配的联盟成员集合 $I, I = \{1, 2, \dots, n\}$, I 中任意子集 S 对应唯一函数 $V(S), S \in I$,若满足:

$$V(\emptyset) = 0 \quad (1)$$

$$V(S_i \cup S_j) \geq V(S_i) + V(S_j), S_i \cap S_j = \emptyset \quad (2)$$

称 $[I, V]$ 为 n 人合作博弈, V 为对策的特征函数,即项目的收益情况;其中 S_i 表示包含成员 i 的所有子集; S_j 表示包含成员 j 的所有子集。设 Y_i 为 I 中第 i 个成员从合作的最大效益 $V(S)$ 中获得的收益。合作对策的收益分配向量 $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ 表示 I 中各成员的收益分配组成。该合作满足以下条件:

(1) $\sum_{i=1}^n Y_i = V(I), i = 1, 2, \dots, n$,此为集体理性要求,所有成员收益之和等于联盟全部成员的所有可能的合作组合下的最大收益。

(2) $Y_i \geq V(i), i = 1, 2, \dots, n$,此为个体理性要求,联盟成员 i 的收益不小于其独自完成任务所得的收益,其中 $V(i)$ 表示成员 i 独自承担联盟任务得到的收益。

$Y_i(V)$ 表示联盟收益的Shapley值,则

$$Y_i(V) = \sum_{S_i \in S} W(|S|) [V(S) - V(S \setminus i)], i = 1, 2, \dots, n; W(|S|) = \frac{(n - |S|)! (|S| - 1)!}{n!} \quad (3)$$

其中: S_i 表示 I 中含有成员 i 的所有合作模式; $|S|$ 表示合作模式 S 中成员的个数; $W(|S|)$ 表示加权因子; $V(S)$ 表示合作模式 S 产出的收益情况, $V(S_{-i})$ 表示合作模式 S 中去除成员 i 所产出的收益情况。假设联盟中各合作模式的组成是随机产生,则每一种合作模式发生的概率为 $\frac{1}{n!}$,成员 i 与 $|S|-1$ 个成员形成的总体合作模式 S ,故成员 i 对联盟收益的边际贡献为 $V(S) - V(S_{-i})$,而 S_{-i} 与 $N \setminus S$ 的成员的排列组合共计 $(n - |S|)!(|S| - 1)!$ 种可能,即每种情况发生的概率为 $\frac{(n - |S|)!(|S| - 1)!}{n!}$ 。在不考虑风险因子的情况下,该模型假定联盟成员承担风险相同,为 $\frac{1}{n}$,即风险中性,成员 i 产出的边际贡献的期望值就是模型测算的收益值 $\sum_{S_i \in S} \frac{(n - |S|)!(|S| - 1)!}{n!} [V(S) - V(S_{-i})]$ 。

基于Shapley值的联盟收益分配博弈分析主要依据单次新型智慧城市建设项目中各方参与人具有完全理性的前提,但是作为智慧城市建设的参与方完全理性的假设要求过于严格,其真实的决策来自于个人有限认知、决策环境变化,以及不断的学习、试错和修正等综合因素,这与生物体的演化过程较为相似,因此演化博弈分析更适合宏观范围内、时间跨度大的智慧城市建设中各参与方收益分配的研究。Kahneman和Tversky^[9]认为人的主观概率判断与实际发生的概率存在一定的差距,因而人会通过积累环境信息改善自身的判断,优化决策。

(二)演化博弈模型构建

为了便于分析,做适当假设,将新型智慧城市建设中的私营部门作为博弈中的一个群体,政府部门是新型智慧城市建设政策的制定者、城市基础设施的管理者,通过调整政策、特许部分基础设施经营权等方式影响各参与方的博弈策略选择。假设政府部门(G)和私营部门(P)的决策者皆为有限理性,其决策基于客观效用的主观感受,策略空间简化为积极策略(positive)和消极策略(negative)。政府部门和私营部门收益分配的感知成本为 C_G 、 C_P ,基本效益为 B_G 、 B_P ,包括经济效益和社会效益。若采取积极策略时的感知成本为 I_G 、 I_P 。设政府部门和私营部门采取积极策略的概率为 x , y ($x, y \in [0, 1]$)。若政府部门采取积极策略而私营部门采取消极策略,则项目感知损失为 L_P ,因两者构成联盟体,具有连带损失关系,设损失分担系数为 b ($b \in [0, 1]$),政府承担 bL_P ,私营部门承担 $(1 - b)L_P$,若政府采取消极策略而私营部门采取积极策略,则感知损失为 L_G ,损失分担系数为 a ($a \in [0, 1]$),政府承担 $(1 - a)L_G$,私营部门承担 aL_G ,若两者都采取消极策略,则感知损失为 L_{GP} ,损失分担系数为 r ($r \in [0, 1]$),政府部门和私营部门分别承担 rL_{GP} 和 $(1 - r)L_{GP}$ 。

在新型智慧城市建设中,政府部门不仅是参与方,同时也是建设的牵头人和监管者,为有效管理项目建设,政府部门可以采取激励理论引导私营部门选择积极策略,设激励系数为 u ($u \in [0, 1]$),惩罚系数为 d ($d \in [0, 1]$),则奖励额为 uB_G ,惩罚额为 dB_P ,构建支付矩阵见表1所示。

表1 支付矩阵

部门		私营部门	
		积极策略(Positive)	消极策略(Negative)
政府部门	积极策略(Positive)	$(1 - u)B_G - C_G - I_G, uB_G + B_P - C_P - I_P$	$B_G + dB_P - C_G - I_G - bL_P, (1 - d)B_P - C_P - (1 - b)L_P$
	消极策略(Negative)	$(1 - u)B_G - C_G - (1 - a)L_G, uB_G + B_P - C_P - I_P - aL_G$	$B_G + dB_P - C_G - rL_{GP}, (1 - d)B_P - C_P - (1 - r)L_{GP}$

(三)演化博弈模型求解

长期来看,新型智慧城市建设参与者之间是一种重复博弈过程,博弈双方存在知识、能力、信息方面的差异,其策略行为符合复制动态模型的基本特征,设政府部门积极策略的期望收益 V_{GP} 、消极策略的期望收益 V_{GN} 、平均期望收益 V_G ,私营部门积极策略的期望收益 V_{PP} 、消极策略的期望收益 V_{PN} 、平均期望收益 V_P 。根据复制动态方程可知:

$$V_{GP} = (bL_P - uB_G - dB_P)y + B_G + B_P - C_G - I_G - bL_P \quad (4)$$

$$V_{GN} = (rL_{GP} - uB_G - (1 - a)B_G - dB_P)y + (B_G + dB_P - C_G - rL_{GP}) \quad (5)$$

$$V_G = xV_{GP} + (1 - x)V_{GN} \quad (6)$$

$$V_{PP} = axL_G + uB_G + B_P - C_P - I_P - aL_G \quad (7)$$

$$V_{PN} = x[(1 - r)L_{GP} - (1 - b)L_P] + (1 - d)B_P - C_P - (1 - r)L_{GP} \quad (8)$$

$$V_P = yV_{PP} + (1 - y)V_{PN} \quad (9)$$

根据非对称复制动态演化方程得:

$$\frac{dx}{dt} = F(x) = x(V_{GP} - V_G) = x(1-x) \left\{ y[(1-a)L_G + bL_P - rL_{GP}] + rL_{GP} - I_G - bL_P \right\} \quad (10)$$

$$\frac{dy}{dt} = G(y) = y(V_{PP} - V_P) = y(1-y) \left\{ x[aL_G + (1-b)L_P - (1-r)L_{GP}] + dB_P + uB_G - I_P + (1-r)L_{GP} - aL_G \right\} \quad (11)$$

上述公式描述了政府部门和私营部门演化系统的群体动态。令 $F(x) = G(y) = 0$, 得:

$$x = 0, x = 1 \quad (12)$$

$$y = y^* = \frac{I_G + bL_P - aL_G}{(1-a)L_G + bL_P - rL_{GP}} \quad (13)$$

$$y = 0, y = 1,$$

$$x = x^* = \frac{aL_G - (1-r)L_{GP} + I_P - uB_G - dB_P}{aL_G + (1-b)L_P - (1-r)L_{GP}} \quad (14)$$

此时政府部门和私营部门选择积极策略可以达到局部稳定状态, 当 $x^* \geq 0, y^* \geq 0$ 时, 可得 $(0, 0)$ 、 $(1, 1)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 (x^*, y^*) 五个局部均衡点。Friedman^[10]提出可以通过分析微分方程均衡点系统雅可比(Jacobi)矩阵行列式值和迹值符号, 确定系统复制动态方程均衡点的稳定性, 即群体动态是否存在演化稳定策略(ESS), 雅可比矩阵 J 、矩阵的行列式 $\det J$ 和迹 $\text{tr} J$ 如下:

$$J = \begin{bmatrix} (1-2x) \left\{ y[(1-a)L_G + bL_P - rL_{GP}] + rL_{GP} - I_G - bL_P \right\} & x(1-x) [(1-a)L_G + bL_P - rL_{GP}] \\ y(1-y) [aL_G + (1-b)L_P - (1-r)L_{GP}] & (1-2y) \left\{ x[aL_G + (1-b)L_P - (1-r)L_{GP}] + dB_P + uB_G - I_P + (1-r)L_{GP} - aL_G \right\} \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$\det J = (1-2x) \left\{ y[(1-a)L_G + bL_P - rL_{GP}] + rL_{GP} - I_G - bL_P \right\} (1-2y) \times \left\{ x[aL_G + (1-b)L_P - (1-r)L_{GP}] + dB_P + uB_G - I_P + (1-r)L_{GP} - aL_G \right\} - x(1-x) [(1-a)L_G + bL_P - rL_{GP}] y(1-y) [aL_G + (1-b)L_P - (1-r)L_{GP}] \quad (16)$$

$$\text{tr} J = (1-2x) \left\{ y[(1-a)L_G + bL_P - rL_{GP}] + rL_{GP} - I_G - bL_P \right\} + (1-2y) \left\{ x[aL_G + (1-b)L_P - (1-r)L_{GP}] + dB_P + uB_G - I_P + (1-r)L_{GP} - aL_G \right\} \quad (17)$$

(四) 演化博弈模型分析

对于5个局部均衡点, 根据雅可比矩阵稳定性条件可知当 $\det J > 0, \text{tr} J < 0$ 时为系统演化稳定点, 此时参数满足如下条件:

$$I_G \leq rL_{GP} - bL_P, I_G \leq (1-a)L_G, B_P \leq uB_G + dB_P + (1-r)L_{GP} - aL_G, I_P \leq uB_G + dB_P + (1-b)L_P \quad (18)$$

在上述条件下, $(0, 0)$ 点的 $\det J > 0, \text{tr} J > 0$, 是不稳定点。点 $(1, 0)$ 、 $(0, 1)$ 的 $\det J < 0$, 是鞍点。由于 $\text{tr} J = 0$, 无法判断 (x^*, y^*) 点的类型。进一步就 $F(x)$ 对 x 求导和 $G(y)$ 对 y 求导, 得 $\frac{dF(x)}{dx} > 0, \frac{dG(y)}{dy} > 0$, 因此 (x^*, y^*) 是不稳定点。对于 $(1, 1)$, $\det J > 0, \text{tr} J < 0$, 满足雅可比矩阵稳定性条件, 是稳定演化策略 EES。从实际意义上看, 政府部门和私营部门均采取积极策略才是最期望的均衡状态, 即 $(1, 1)$ 将是基于共赢原则选择的最优参数策略演化方向。

从雅可比矩阵约束条件可知, 当博弈双方向 $(1, 1)$ 稳定点演化过程中存在相应的影响因素, 与政府部门相关的有 $I_G, L_G, L_P, L_{GP}, a, b, r$, 与私营部门相关的有 $I_P, B_G, B_P, L_G, L_P, L_{GP}, a, b, r, d, u$ 。由于博弈方均为有限理性假设, 在向均衡点 $(1, 1)$ 演化的过程中, 双方都会产生认知偏差, 容易存在侥幸和乐观偏好^[11], 这将影响博弈向均衡点演化的过程。

四、博弈行为的仿真实验

在给定的条件约束下, 虽然在重复博弈条件下, 点 $(1, 1)$ 是稳定的均衡点, 政府部门和私营部门最终会趋

向选择积极策略行为,但相关因素究竟是如何影响双方的策略选择需要通过仿真实验的方法进行直观解释。

(一) 实验参数设定

首先按照演化博弈模型设计仿真实验逻辑,时间 t 视作博弈迭代次数,表征博弈演化的过程,设置仿真实验中参数之间的关系应满足博弈演化模型要求的约束关系,各项参数的初始数值见表2。

新型智慧城市建设是一个复杂系统,决定收益分配的因素众多,实验仿真过程复杂,为便于分析复杂系统内部诸多因素的相互影响,可以通过固定影响策略选择因素,变动相关系数的方法进行仿真,这样既能简化系统的仿真,又能较好的分析要素间的主要因果关系。

(二) 损失分担系数对演化的影响

在联盟体中各方的损失会相互传导,损失分担系数是各方博弈在演化过程中不可忽视的重要影响因素,通过损失系统传导来的损失会改变博弈者策略选择和选择的速度。设由于政府部门造成损失的系数 a 、私营部门造成损失的系数 b 和共同造成损失的系数 r 。

通过对 a 初值为0.1,步进数值0.2,考察政府部门不同损失的情况下,各方选择积极策略的概率变化。

当政府部门造成损失 $L_G=10$ 时,变动 a ,仿真实验结果如图1所示。由图1可知, a 为0.3时,政府部门和私营部门均采取积极策略的概率可以稳定在0.4附近,当 a 小于0.3时,政府趋向于采取消极策略,私营部门倾向于采取积极策略,当 a 大于0.3时,政府趋向于采取积极策略,私营部门倾向于采取消极策略。在私营部门设定相同的损失和分担系数同样会出现相同的情况,说明过多分担对方的损失会降低己方选择积极策略的动力,通过调节分担系数可以促进博弈参与方选择积极策略。

当政府部门和私营部门造成损失 $L_{GP}=30$ 时,变动 r ,仿真实验结果如图2所示。由图2可知,当分担 r 取值0.5时,政府部门和私营部门均采取积极策略的概率可以稳定在0.4附近,当分担 r 大于0.4时,政府部门趋向与采取积极策略,而私营部门倾向于采取消极策略,反之亦然。这说明对于共同损失而言,博弈参与人分担的损失多,则倾向于采集积极策略以减少损失。

(三) 激励系数和惩罚系数对演化的影响

在新型智慧城市建设中,政府部门既是参与者、合作者,也是项目的管理者、监督者,可以根据其他参与者的努力情况进行奖励和惩罚。

激励系数初值 $u=0.01$,步进数值0.04,惩罚系数初值 $d=0.05$,步进数值0.05,分别进行仿真,结果如图3、图4所示。

由图3可知, u 在0.09时,政府部门和私营部门采取积极策略的概率稳定在0.4左右,高于该值私营部门将趋向于采取积极策略以获得奖励,低于该值政府部门将趋向于采取消极策略节约投入冲抵激励成本。由图4可知, d 在0.15时,政府部门和私营部门采取积极策略的概率将稳定在0.35附近,当高于该值,政府部门将趋向于采取消极策略,通过惩罚措施敦促私营部门采取积极策略,当低于该值,私营部门倾向于采取消极策略,愿意冒受到惩罚的风险来降低成本。

表2 初始参数设置

参数	初值	参数	初值	参数	初值
L_G	10	a	0.1	u	0.01
L_P	10	b	0.1	r	0.5
L_{GP}	30	d	0.05	B_G	20
I_G	15	I_P	15	B_P	20

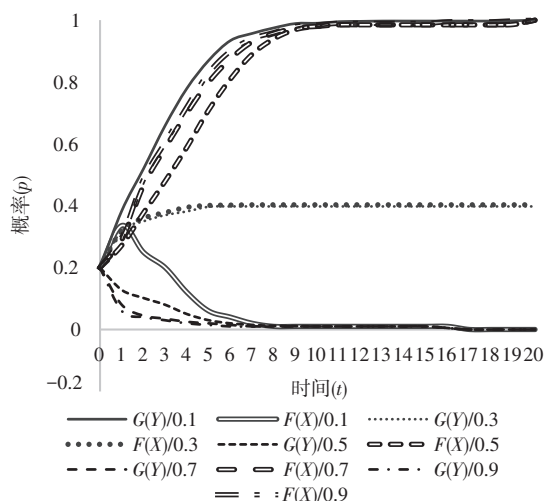


图1 $L_G=10$ 仿真结果

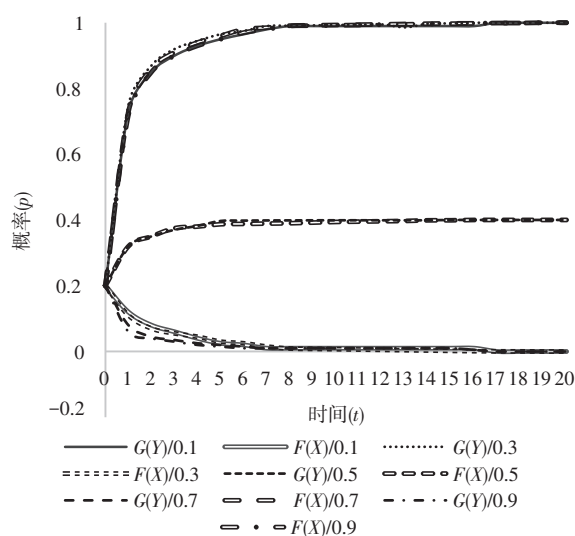
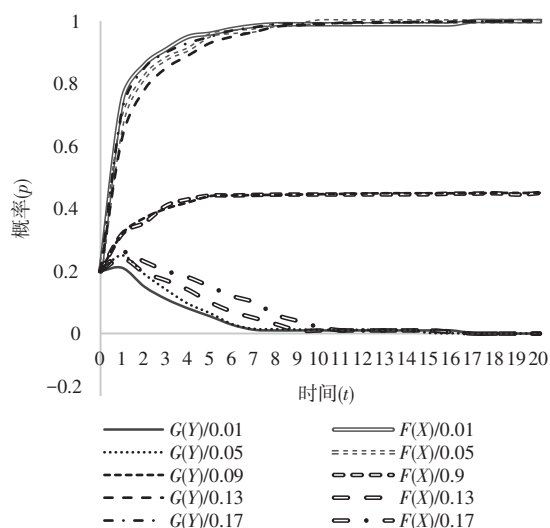
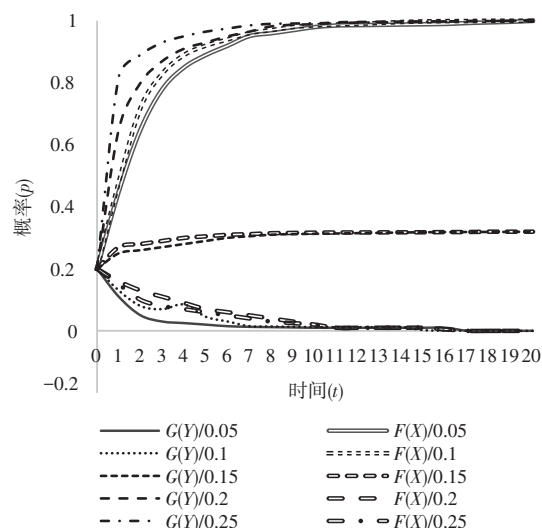


图2 $L_{GP}=30$ 仿真结果

图3 激励系数 u 的仿真图4 惩罚系数 d 的仿真

五、结论

本文在联盟利益分配Shapley值分析的基础上,通过演化博弈模型对各方参与者重复博弈进行了分析,并对影响合作稳定性的相关因素进行了实验仿真,得到如下结论。

(1)在新型智慧城市建设中各方参与人收益分配确定应全面考察主客观影响因素,采用多种量化分析方法对主要的影响因素进行权重分配,将联盟利益分配Shapley值模型与博弈模型相结合,构建具有风险影响因子的PPP项目收益分配模型,能够为公私合作的利益协调提供符合实际情况的收益分配定量依据和求解手段。

(2)通过控制损失分担系数可以有效调节各方参与人策略选择的演化方向。损失分担系数本质上是各方职责明确程度的体现,职责不清,责任落实不到位会导致损失在合作方之间传导,对合作的稳定性产生不利影响。针对新型智慧城市建设中各方合作者的自身定位,制定科学的责任分配机制,明确责任边界,严格督抓落实,营造有利于提高各方选择积极策略的概率,实现合作共赢的建设目标。

(3)激励措施对智慧城市建设各方选择合作行为至关重要。奖励力度过高虽然会激发私营部门选择积极策略的动力,但会降低政府部门积极策略选择,原因在于政府部门希望用节约其他成本来弥补奖励支出。奖励力度过低起不到激励作用,使私营部门演化为采取消极策略。惩罚力度过高同样不利于政府部门选择积极策略,因为过高的惩罚给政府部门带来超额收益,降低了采取积极策略的动力,而惩罚力度过低对私营部门起不到促使其采取积极策略的作用。因此充分利用激励措施建立奖惩机制和措施,引导各方参与人采取积极的合作策略,有利于新型智慧城市建设。

参考文献

- [1] 袁朝霞,邹智,陈冬燕. PPP模式作用机制、实现路径及其在广西的应用研究[J]. 区域金融研究, 2016(5): 48-52.
- [2] 郭雨晖,汤志伟,翟元甫. 政策工具视角下智慧城市政策分析:从智慧城市到新型智慧城市[J]. 情报杂志, 2019(6): 201-207.
- [3] 韦颜秋,李瑛. 新型智慧城市建设的逻辑与重构[J]. 城市发展研究, 2019(6): 108-113.
- [4] 钱斌华. 智慧城市基础设施建设的公私合作模式研究[J]. 未来与发展, 2012(12): 100-104.
- [5] 张育雄,王思博. 国外智慧城市推进模式对我国的启示[J]. 通信管理与技术, 2016(5): 21-24.
- [6] 郭会明,于相宝,高风贤. 智慧城市建设运营模式研究[J]. 经济研究导刊, 2015(12): 164-166.
- [7] 何寿奎,傅鸿源. 基于风险分摊的PPP项目投资决策与收益分配研究[J]. 建筑经济, 2006(10): 9-12.
- [8] 柯永建. 中国PPP项目风险公平分担[D]. 北京: 清华大学, 2010.
- [9] KAHNEMAN D, TVERSKY A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. Econometrica, 1979, 47: 263-292.
- [10] FRIEDMAN D. Evolutionary games in economics[J]. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 1991, 59(3): 637-666.
- [11] 赵泽斌,满庆鹏. 基于前景理论的重大基础设施工程风险管理行为演化博弈分析[J]. 系统管理学报. 2018(1): 109-117.

(下转第85页)

How to Build Ecosystem to Achieve Breakthrough Innovation: Research on the Interaction Mechanism between Resource Dependence and Network Embedding

Huo Lisha, Shao Yunfei

(University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: We selected Google's intelligent driving ecosystem as a case study object in order to analyze the evolution process of ecosystems in the breakthrough innovation, and discussed how to realize breakthrough innovation through ecosystem construct. The results show that in order to overcome the high non-equilibrium dependence and weak joint dependence in the R&D period of breakthrough technology, enterprises choose strong structure embedding and strong relationship embedding in the stage of knowledge materialization to enhance joint dependence. From the stage of knowledge materialization to the stage of commercialization, enterprises maintain the advantages of structure hole size, enhance the heterogeneity of system members, and choose the way of weak relationship embedding to reduce the two dependencies, so as to achieve the commercialization of breakthrough technology. This article establishes a theoretical model of "system structure-resources\network-breakthrough innovation".

Keywords: breakthrough innovation; ecosystem; resource dependence; network embedding

(上接第 65 页)

Evolutionary Game Analysis and Simulation of the Influencing Factors of Benefit Distribution in the Construction of New Smart City

Xia Xiaozhong¹, Zhou Yongli¹, Hou Yanling¹, Zhang Xinqiao², Zhang Xiaojuan³

(1. Telchina Smart Industry Group CO., LTD, Jinan 250101, China;

2. National Defence University of People's Liberation Army, Beijing 100091, China;

3. Shandong University of Art & Design, Jinan 250300, China)

Abstract: This paper discusses the principles and influencing factors of benefit distribution of each participant in the construction of new smart city. From the macro level, this paper analyzes the asymmetric repeated game between the government and the private enterprise by using the evolutionary game theory, simulates the related factors that affect the strategy choice of all parties, reveals the law that the factors such as risk sharing, loss transfer, incentive and punishment affect the stability of cooperation, and provides a reference for the policy of construction and management of PPP project in new smart city.

Keywords: new smart city; benefit distribution; game theory