

创新药保障背景下普惠型商业健康保险可持续性的演化博弈研究

王芷晴, 李 璠*

昆明医科大学药学院, 云南 昆明

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月18日; 发布日期: 2026年4月24日

摘 要

随着我国多层次医疗保障体系的逐步完善, 普惠型商业健康保险逐渐成为基本医疗保险的重要补充, 尤其在创新药保障中发挥着越来越重要的作用。创新药价格高昂、保障强度不足及医保风险池不稳定等问题影响了制度的可持续发展。针对这些问题, 本文聚焦于惠民保创新药保障体系, 通过演化博弈模型分析药企、保险公司和参保人三方主体的行为交互及其对制度运行稳定性的影响。研究发现, 在药企高让利、保险公司高保障、参保人积极参保的理想状态下, 系统能够稳定收敛至“高保障 - 高参保 - 高让利”的协同均衡, 增强了保障体系的可持续性。本研究为政策制定者提供理论依据, 以优化制度设计、提高保障可及其可持续性。

关键词

普惠型商业健康保险, 创新药保障, 演化博弈, 三方博弈, 可持续性, 制度优化

Evolutionary Game Study of the Sustainability of Inclusive Commercial Health Insurance for Innovative Drug Coverage

Zhiqing Wang, Fan Li*

School of Pharmacy, Kunming Medical University, Kunming Yunnan

Received: March 23, 2026; accepted: April 18, 2026; published: April 24, 2026

*通讯作者。

文章引用: 王芷晴, 李璠. 创新药保障背景下普惠型商业健康保险可持续性的演化博弈研究[J]. 应用数学进展, 2026, 15(4): 701-717. DOI: 10.12677/aam.2026.154195

Abstract

With the gradual improvement of China's multi-level healthcare security system, inclusive commercial health insurance has become an important supplement to basic medical insurance, especially in the coverage of innovative drugs. However, the high cost of innovative drugs, insufficient coverage strength, and the instability of insurance risk pools affect the sustainability of the system. Focusing on the inclusive health insurance model for innovative drugs, this study constructs an evolutionary game model to analyze the interaction between pharmaceutical firms, insurers, and enrollees and its impact on the stability of the system. The findings reveal that under ideal conditions where pharmaceutical firms offer high discounts, insurers provide strong coverage, and enrollees actively participate, the system can converge to a stable equilibrium of "high coverage - high participation - high discount", which enhances the sustainability of the insurance system. This study provides theoretical support for policymakers to optimize system design and improve the accessibility and sustainability of health insurance.

Keywords

Inclusive Commercial Health Insurance, Innovative Drug Coverage, Evolutionary Game Theory, Three-Party Game, Sustainability, Policy Optimization

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,我国医疗保障制度改革持续推进,以基本医疗保险为核心的全民医保体系已初步建成,但基本医保的“保基本”定位决定了其在保障能力方面存在一定的局限性[1]。尤其是在重大疾病诊疗过程中,涉及疗效明确但价格较高的高值治疗方案时,患者个人自付压力仍然较大,灾难性卫生支出风险与“因病致贫、因病返贫”问题仍未完全消除[2]。所谓“创新药”,本文主要指仍处于专利期内、具有明确技术创新属性并能带来临床获益增量的化学药或生物制品(不含中成药等),其典型适用领域包括肿瘤、罕见病及部分慢性重大疾病等[3]。此类药物在疗效提升与生存获益方面具有重要价值,但由于价格较高、更新迭代快、支付不确定性强,客观上加剧了基本医保在公平保障与基金可持续之间的平衡压力[4]。

从支付结构看,创新药市场规模增长与支付结构失衡的矛盾尤为突出。根据《中国创新药械多元支付课题组》测算,2024年我国创新药械销售市场规模预计达1620亿元,其中医保基金支出约710亿元(约44%),个人现金支付约786亿元(约49%),而商业健康险支出约124亿元,仅贡献约7.7%[5]。上述格局在一定程度上反映出:一方面基本医保对高值创新药支付“尽力而为、量力而行”,另一方面患者自费负担仍偏重,商业健康险在筹资与支付端的作用尚未充分释放[6]。

在此背景下,中共中央、国务院于2020年发布《关于深化医疗保障制度改革的意见》,明确提出要深化医疗保障制度改革、构建多层次医疗保障体系的战略方向。作为基本医保之外的重要补充机制,城市普惠型商业健康保险(通常被称为“惠民保”)自2019年前后在地方试点并快速扩展,依托政府信用背书、低保费与宽准入等特征迅速在全国多地铺开,成为多层次医疗保障体系中承接“补充保障”功能的重要制度创新。相关研究普遍认为,惠民保并非传统意义上的纯商业保险产品,而是在政府支持与市场化运作框架下形成的“准公共产品”形态,兼具普惠性与商业性双重属性,其制度运行表现高度依赖政

策支持强度、市场运营效率与社会信任水平的综合平衡[7]。

在惠民保的初始制度设计与价值定位中, 创新药保障(特药责任)往往是产品吸引力与政策意义的关键载体之一[8]。已有研究提示, 惠民保特药责任可能对国谈药或抗肿瘤药使用产生促进效应, 并在一定程度上减轻部分患者的经济负担[9]。但与此同时, 惠民保在创新药保障上的扩张也带来制度层面的结构性张力: 一方面, 特药目录扩展有助于提升产品吸引力与“获得感”, 进而影响参保与续保意愿[10]; 另一方面, 高值特药责任可能推高赔付压力, 使风险池结构更易受到逆向选择影响, 从而威胁制度可持续性[11]。

近年来政策层面进一步强调探索创新药多元支付与分级保障机制, 鼓励通过商业健康保险、惠民保等渠道拓展创新药支付路径[4]。实践中, 多地惠民保已将部分肿瘤、罕见病等领域创新药纳入特药保障目录, 并探索风险共担与直付机制, 试图在提升创新药可及性的同时控制制度风险[12]。

综上, 惠民保在创新药保障领域呈现出“功能补位”与“风险暴露”并存的制度特征。因此, 有必要从创新药保障这一关键切入点, 系统评估惠民保的保障效果、运行机制与可持续机制, 揭示其在“保障扩张”与“风险控制”之间的平衡路径, 为多层次医疗保障体系优化提供实证依据。

2. 模型假设

图 1 展示了创新药保障背景下药企、保险公司与参保人三方博弈关系。通过前期调研和资料收集可知, 创新药企业通过参与特药目录准入并提供价格让利影响创新药成本水平; 保险公司在既定保费条件下设计保障强度; 健康体参保人根据保障水平与制度环境决定是否继续参保。三方在统一定价约束下相互作用, 共同影响风险池结构与惠民保的可持续运行。

具体而言, 创新药企业通过让利幅度影响创新药在惠民保体系中的成本负担与市场转化效率; 保险公司根据风险池结构与企业让利情况, 在高保障与低保障之间做出决策; 健康体参保人基于保障价值、制度兑现程度及政府信用背书, 决定是否继续参保。非健康体参保行为相对刚性, 但其比例将直接影响赔付压力。政府不直接参与策略选择, 但通过降低制度摩擦与增强信用背书影响三方收益结构。基于上述关系, 构建三方演化博弈模型。

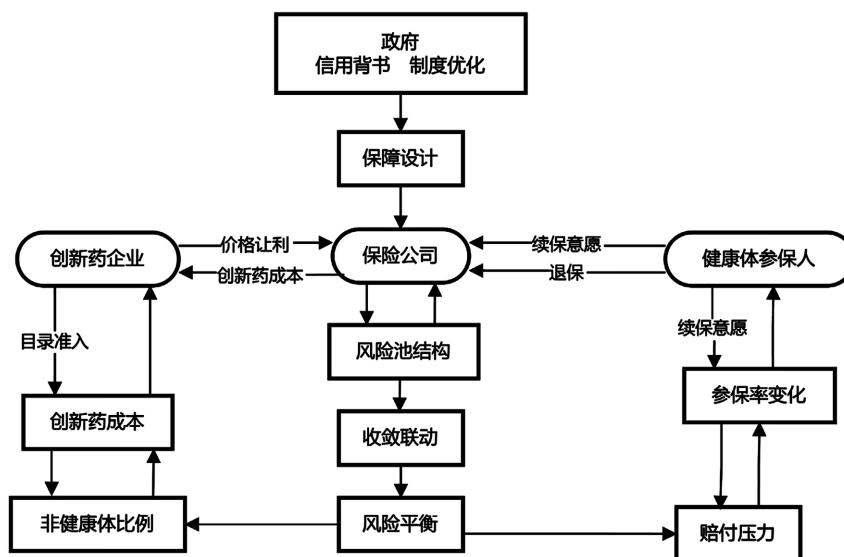


Figure 1. Structural framework of the three-party evolutionary game under the background of innovative drug coverage

图 1. 创新药保障背景下的三方博弈关系图

2.1. 参数设定与支付函数构建

在本研究中, 为了清晰地描述创新药保障体系中三方主体的互动行为和决策, 本文对涉及的关键参数进行了系统设定。

2.1.1. 创新药企的收益设定

对于药企而言, 其决策主要受到市场规模和销售增量的影响。药企的主要决策是是否选择高让利策略来扩大市场份额。设定药企选择高让利策略的比例为 x , 其中 x 代表药企选择高让利策略的概率, 而 $1-x$ 则代表选择低让利策略的概率。

设在既定市场条件下, 若企业采取低让利策略, 则其单位利润为 $1-\lambda_L$, 市场规模与健康体参保比例及保障强度相关。当企业选择高让利策略时, 单位利润下降为 $1-\lambda_H$, 其中 $\lambda_H > \lambda_L$, 但让利有助于提升产品准入效率与市场转化能力。为刻画该机制, 引入“让利放量增益因子” $\kappa (0 < \kappa < 1)$, 表示让利对市场规模扩张的正向影响程度。

设在给定保障强度 g 与健康体参保比例 z 条件下, 产品的基准市场规模为 azg , 其中 $a > 0$ 表示市场规模敏感系数。

当企业采取高让利策略时, 市场规模进一步增加: $azg(1+\kappa\lambda_{\text{eff}})$ 。

其中 $\lambda_{\text{eff}} = \lambda(1-\delta)$, $\delta (0 \leq \delta \leq 1)$ 为流程摩擦系数, 表示审批延迟、沟通不畅等制度摩擦对让利转化效率的削弱程度。

同时, 高让利会产生额外成本, 设其边际让利成本系数为 $b > 0$ 。

因此, 在不失一般性的情况下, 企业收益函数可表示为:

低让利收益: $\Pi_F^L = azg(1-\lambda_L)$;

高让利收益: $\Pi_F^H = azg(1+\kappa\lambda_{\text{eff}})(1-\lambda_H) - b(\lambda_H - \lambda_L)$ 。

为保证企业在低保障状态下仍具有参与动力, 需满足现实约束条件: $azg(1-\lambda_L) > 0$ 。

2.1.2. 保险公司收益设定

保险公司在创新药保障中起到至关重要的作用, 其核心策略为设置高或低的保障强度。设保险公司选择高保障策略的概率为 y , 低保障策略的概率为 $1-y$ 。高保障策略通常伴随着较高的赔付成本, 但也能够通过吸引更多参保人来扩大风险池, 从而提高系统的稳定性。

对于保险公司而言, 其收益来源于保费收入与赔付支出的差额。在统一保费 P 制度下, 保险公司无法通过价格区分健康体与非健康体, 其经营状况高度依赖风险池结构。

设参保群体中非健康体比例为 $\eta (0 < \eta < 1)$, 非健康体触发创新药赔付的概率为 p_N , 健康体触发概率为 p_H , 且 $p_N > p_H$ 。

则总体赔付触发概率为: $\pi(z) = \eta p_N + (1-\eta)z p_H$ 。

当保险公司采取保障强度为 g 的策略时, 其期望赔付支出为: $\pi(z)g(1-\lambda_{\text{eff}})$ 。其中企业让利通过降低单位赔付成本作用于保险公司。

此外, 高保障策略虽提高赔付支出, 但也可能通过提升产品吸引力与健康体留存比例增强风险池规模与风险分摊能力。为刻画该机制, 引入规模分摊收益参数 $r > 0$, 并假设该收益与健康体参保比例及保障强度正相关。

因此, 保险公司收益函数为:

低保障收益: $\Pi_I^L = P - \pi(z)g_L(1-\lambda_{\text{eff}})$;

高保障收益: $\Pi_I^H = P - \pi(z)g_H(1-\lambda_{\text{eff}}) + rzg_H$ 。

为保证保险公司在低风险结构下具有持续经营能力, 应满足: $P > \pi(z)g_L(1-\lambda_{\text{eff}})$ 。

2.1.3. 健康体参保人关键参数

参保人对创新药保障的决策受到多个因素的影响, 主要包括保障强度、保费水平、制度信任度等。设健康体选择参保的概率为 z , 其中 z 表示参保的概率, $1-z$ 则表示参保人的退出概率。参保人选择参保或退出的决策直接影响整个保障体系的稳定性与风险池结构。

对于健康体参保人而言, 其决策基于保障收益与保费成本之间的比较。设健康体在保障强度为 g 条件下获得的保障价值为: $vg(1-\delta)$ 其中 $v > 0$ 为政府信用背书与制度信任程度系数, δ 为流程摩擦对保障兑现程度的削弱影响。

健康体参保收益为: $U_{in} = vg(1-\delta) - P$ 不参保收益标准化为 0。因此, 当 $vg(1-\delta) > P$ 时, 健康体更倾向于选择参保策略。

2.1.4. 参保群体与风险池设定

为了对整个体系的运行进行建模, 我们还引入了参保群体的构成参数。设定参保群体中非健康体比例为 η , 非健康体通常具有较高的医疗费用风险, 因此其触发创新药赔付的概率更高。设定健康体触发创新药赔付的概率为 p_H , 而非健康体触发赔付的概率为 p_N , 其中 $p_H > p_N$, 因此总体赔付触发概率可以表示为:

$$\pi(z) = \eta \cdot p_N + (1-\eta) \cdot p_H$$

此外, 为了衡量保险公司在选择保障策略时的平衡性, 设置赔付比例系数 κ , 该系数用于表示高保障策略带来的规模效应。高保障下的风险分摊效益直接影响保险公司的收益和稳定性。

2.1.5. 流程摩擦与政府信用设定

在制度执行过程中, 流程摩擦和政府信用也会影响整体的运行效率。设定流程摩擦系数为 δ , 它反映了政策执行的延迟或沟通效率上的差异。同时, 政府的信用背书度也会影响参保人对制度的信任程度, 设定政府信用背书系数为 v , 它直接影响参保人的选择。

Table 1. Description of model parameters and symbols

表 1. 模型参数及符号说明

参数	参数含义
x	创新药企业选择高让利策略的比例
y	保险公司选择高保障策略的比例
z	健康体选择参保的比例
g_H	高保障策略下的待遇保障强度
g_L	低保障策略下的待遇保障强度
λ_H	高让利策略对应的让利幅度
λ_L	低让利策略对应的让利幅度
λ_{eff}	有效让利幅度, 等于 $\lambda(1-\delta)$
κ	让利放量增益强度(让利转化为市场规模的能力)
a	市场规模敏感系数
b	让利边际成本系数
P	统一保费水平
η	参保群体中非健康体比例
p_N	非健康体触发创新药赔付的概率
p_H	健康体触发创新药赔付的概率

续表

$\pi(z)$	总体赔付触发概率
r	高保障带来的规模分摊收益强度
v	政府信用背书与制度信任系数
δ	流程摩擦系数(审批延迟、沟通效率等制度阻力)

2.2. 参数取值依据与基准情景设定

由于惠民保创新药保障运行中部分关键变量(如让利放量增益、风险共济强度、制度摩擦对策略收益的削弱程度等)难以通过公开统计数据直接观测,本文未对参数进行逐项经验估计,而是遵循“现实约束一致、作用方向明确、量纲可比和便于仿真比较”的原则,对模型参数进行标准化与归一化设定(见表1)。

具体而言,保费水平 P 、保障强度 g_H 与 g_L 、流程摩擦参数 δ 、政府信用参数 v 等,主要依据惠民保产品的一般制度特征、已有研究关于参保续保意愿与制度体验的结论,以及创新药多元支付场景下的运行逻辑进行情景化赋值;让利放量增益 κ 、市场规模敏感系数 a 、让利边际成本 b 、风险共济效应 r 等参数,主要用于刻画不同主体收益差变化的方向性与相对强弱,因此采用归一化方式设定基准值;非健康体比例 η 、健康体与非健康体赔付触发概率 p_H 和 p_N 等参数,则依据“非健康体风险高于健康体”“高保障有助于健康体留存”等现实约束进行设定。

在此基础上,本文通过 MATLAB 程序载入基准参数集(par_base)构造基准情景,并在该情景下对复制动态系统进行数值求解;进一步通过改变关键参数取值及设置多组初始策略比例,对系统演化路径和均衡收敛特征进行稳健性检验。因此,本文数值仿真的目的主要在于识别三方博弈系统的演化方向、阈值条件与稳定机制,而非对现实运行结果进行精确预测。

2.3. 收益矩阵构建

在上述模型假设与参数设定基础上,创新药企业(F)、保险公司(I)与健康体参保人(H)分别存在两类策略选择:

企业策略集合 $S_F = \{\text{高让利}(H), \text{低让利}(L)\}$;

保险公司策略集合 $S_I = \{\text{高保障}(G), \text{低保障}(g)\}$;

健康体策略集合 $S_H = \{\text{参保}(J), \text{不参保}(N)\}$ 。

因此,三方纯策略组合共有 $2 \times 2 \times 2 = 8$ 种。为便于后续求解期望收益与建立复制动态方程,本文构建三方在不同策略组合下的收益矩阵(支付矩阵)。

(1) 有效让利:

若企业选高让利: $\lambda_{\text{eff}} = \lambda_H (1 - \delta)$;

若企业选低让利: $\lambda_{\text{eff}} = \lambda_L (1 - \delta)$ 。

(2) 赔付触发概率:

设非健康体比例 η , 非健康体触发概率 p_N , 健康体触发概率 p_H 。

若健康体参保(J): $\pi_J = \eta p_N + (1 - \eta) p_H$;

若健康体不参保(N): $\pi_N = \eta p_N$ 。

(3) 健康体效用:

$$U_H(J|g) = vg(1 - \delta) - P, U_H(N) = 0$$

其中 $g \in \{g_H, g_L\}$ 。

(4) 保险公司收益:

$$\Pi_I(\pi, g) = P - \pi \cdot g \cdot (1 - \lambda_{\text{eff}}) + r \cdot z \cdot g$$

其中在纯策略下 $z=1$ 表示健康体参保, $z=0$ 表示不参保。

(5) 企业收益:

在纯策略下令市场规模指数 $M = z \cdot g$ (健康体参保且保障越强, 市场越大)。

高让利:

$$\Pi_F(H | g, z) = a \cdot zg \cdot (1 - \delta) \cdot (1 + \kappa \lambda_H (1 - \delta)) - b \lambda_H$$

低让利:

$$\Pi_F(L | g, z) = a \cdot zg \cdot (1 - \delta) \cdot (1 + \kappa \lambda_L (1 - \delta)) - b \lambda_L$$

注: 上式中 a 为市场收益系数, b 为让利成本系数, κ 为让利放量增益强度, 均为正。

三方收益矩阵(8 种策略组合)

将企业策略(H/L)、保险策略(G/g)、健康体策略(J/N)进行组合, 可得 8 种情形下的三方收益 (Π_F, Π_I, U_H) , 汇总如表 2。

Table 2. Payoff matrix of the three-party strategy combinations (eight combinations)

表 2. 三方策略组合收益矩阵(8 种组合)

策略组合	企业收益 Π_F	保险收益 Π_I	健康体收益 U_H
(H, G, J)	$ag_H(1-\delta)(1+\kappa\lambda_H(1-\delta))-b\lambda_H$	$P-\pi_Jg_H(1-\lambda_H(1-\delta))+rg_H$	$vg_H(1-\delta)-P$
(H, G, N)	$-b\lambda_H$	$P-\pi_Ng_H(1-\lambda_H(1-\delta))$	0
(H, g, J)	$ag_L(1-\delta)(1+\kappa\lambda_H(1-\delta))-b\lambda_H$	$P-\pi_Jg_L(1-\lambda_H(1-\delta))+rg_L$	$vg_L(1-\delta)-P$
(H, g, N)	$-b\lambda_H$	$P-\pi_Ng_L(1-\lambda_H(1-\delta))$	0
(L, G, J)	$ag_H(1-\delta)(1+\kappa\lambda_L(1-\delta))-b\lambda_L$	$P-\pi_Jg_H(1-\lambda_L(1-\delta))+rg_H$	$vg_H(1-\delta)-P$
(L, G, N)	$-b\lambda_L$	$P-\pi_Ng_H(1-\lambda_L(1-\delta))$	0
(L, g, J)	$ag_L(1-\delta)(1+\kappa\lambda_L(1-\delta))-b\lambda_L$	$P-\pi_Jg_L(1-\lambda_L(1-\delta))+rg_L$	$vg_L(1-\delta)-P$
(L, g, N)	$-b\lambda_L$	$P-\pi_Ng_L(1-\lambda_L(1-\delta))$	0

2.4. 建立复制动态方程

2.4.1. 创新药企业的期望收益

设创新药企业选择高让利策略的比例为 x , 低让利比例为 $1-x$; 保险公司选择高保障策略比例为 y , 健康体参保比例为 z 。

根据表 2 收益矩阵, 可得企业在两种策略下的期望收益分别为:

高让利期望收益:

$$E_{F1} = yz\Pi_F(H, G, J) + y(1-z)\Pi_F(H, G, N) + (1-y)z\Pi_F(H, g, J) + (1-y)(1-z)\Pi_F(H, g, N)$$

低让利期望收益:

$$E_{F2} = yz\Pi_F(L, G, J) + y(1-z)\Pi_F(L, G, N) + (1-y)z\Pi_F(L, g, J) + (1-y)(1-z)\Pi_F(L, g, N)$$

企业的平均收益为:

$$\bar{E}_F = xE_{F1} + (1-x)E_{F2}$$

2.4.2. 保险公司的期望收益

高保障策略期望收益:

$$E_{I1} = xz\Pi_I(H, G, J) + x(1-z)\Pi_I(H, G, N) + (1-x)z\Pi_I(L, G, J) + (1-x)(1-z)\Pi_I(L, G, N)$$

低保障策略期望收益:

$$E_{I2} = xz\Pi_I(H, g, J) + x(1-z)\Pi_I(H, g, N) + (1-x)z\Pi_I(L, g, J) + (1-x)(1-z)\Pi_I(L, g, N)$$

保险公司平均收益:

$$\bar{E}_I = yE_{I1} + (1-y)E_{I2}$$

2.4.3. 健康体的期望收益

参保期望收益:

$$E_{H1} = yU_H(G) + (1-y)U_H(g)$$

不参保收益:

$$E_{H2} = 0$$

平均收益:

$$\bar{E}_H = zE_{H1} + (1-z)E_{H2}$$

2.4.4. 复制动态方程组

根据演化博弈理论, 三方复制动态方程分别为:

企业:

$$\frac{dx}{dt} = x(E_{F1} - \bar{E}_F) = x(1-x)(E_{F1} - E_{F2})$$

保险公司:

$$\frac{dy}{dt} = y(E_{I1} - \bar{E}_I) = y(1-y)(E_{I1} - E_{I2})$$

健康体:

$$\frac{dz}{dt} = z(E_{H1} - \bar{E}_H) = z(1-z)(E_{H1} - E_{H2})$$

从而得到三维复制动态系统:

$$\begin{cases} \dot{x} = x(1-x)\Delta_F \\ \dot{y} = y(1-y)\Delta_I \\ \dot{z} = z(1-z)\Delta_H \end{cases}$$

其中:

$$\Delta_F = E_{F1} - E_{F2}$$

$$\Delta_I = E_{I1} - E_{I2}$$

$$\Delta_H = E_{H1} - E_{H2}$$

3. 稳定性分析

3.1. 单个主体策略稳定性分析

3.1.1. 创新药企业的策略稳定性分析

设创新药企业选择“高让利”策略的比例为 x , 则其在高让利与低让利策略下的期望收益分别为 E_{F1} 与 E_{F2} , 平均收益为: $\bar{E}_F = xE_{F1} + (1-x)E_{F2}$;

则企业的复制动态方程为: $\dot{x} = x(E_{F1} - \bar{E}_F)$;

整理可得: $\dot{x} = x(1-x)\Delta_F$, 其中 $\Delta_F = E_{F1} - E_{F2}$;

根据前述收益构建可得: $\Delta_F = \kappa z g_y (1-\delta) - C$;

对复制动态函数求导: $\frac{d\dot{x}}{dx} = (1-2x)\Delta_F$ 。

命题 1

若 $\kappa z g_y (1-\delta) - C > 0$, 则 $x=1$ 为演化稳定策略; 若 $\kappa z g_y (1-\delta) - C < 0$, 则 $x=0$ 为演化稳定策略。

当健康体规模较大、保障强度较高且流程摩擦较小时, 企业放量收益足以覆盖让利成本, 企业最终选择高让利; 反之, 当参保规模不足或行政摩擦较大时, 企业缺乏让利激励, 系统将收敛至低让利策略。

3.1.2. 保险公司的策略稳定性分析

设保险公司选择“高保障”策略的比例为 y , 其在高保障与低保障下的期望收益分别为 E_{I1} 与 E_{I2} , 平均收益为: $\bar{E}_I = yE_{I1} + (1-y)E_{I2}$;

复制动态方程为: $\dot{y} = y(E_{I1} - \bar{E}_I)$;

整理得: $\dot{y} = y(1-y)\Delta_I$, 其中: $\Delta_I = E_{I1} - E_{I2}$;

根据收益函数可得: $\Delta_I = rz - \pi$, 对其求导: $\frac{d\dot{y}}{dy} = (1-2y)\Delta_I$ 。

命题 2

若 $rz - \pi > 0$, 则 $y=1$ 为演化稳定策略; 若 $rz - \pi < 0$, 则 $y=0$ 为演化稳定策略。

当健康体规模足够大, 使得风险分摊收益高于赔付压力时, 保险公司将选择高保障; 若风险池恶化, 赔付压力超过规模效应, 则系统将向低保障方向演化。

3.1.3. 健康体参保人的策略稳定性分析

设健康体选择“参保”的比例为 z , 其在参保与不参保策略下的期望效用分别为 E_{H1} 与 E_{H2} , 平均收益为: $\bar{E}_H = zE_{H1} + (1-z)E_{H2}$;

复制动态方程为: $\dot{z} = z(E_{H1} - \bar{E}_H)$;

整理得: $\dot{z} = z(1-z)\Delta_H$, 其中: $\Delta_H = E_{H1} - E_{H2}$;

根据模型设定可得: $\Delta_H = v g_y (1-\delta) - P$, 对其求导: $\frac{d\dot{z}}{dz} = (1-2z)\Delta_H$ 。

命题 3

若 $v g_y (1-\delta) - P > 0$, 则 $z=1$ 为演化稳定策略; 若 $v g_y (1-\delta) - P < 0$, 则 $z=0$ 为演化稳定策略。

当保障强度足以抵消保费负担且流程摩擦较低时, 健康体倾向持续参保; 若保障吸引力不足或行政流程复杂, 则健康体将逐渐退出风险池。

3.2. 系统均衡点的稳定性分析

在上一节中分别对创新药企业、保险公司及健康体参保人的单主体策略稳定性进行了分析, 得到了

三方策略演化的阈值条件。然而, 单个主体的稳定性并不能完全反映三方系统整体的演化趋势。因此, 有必要对复制动态方程组进行系统层面的稳定性分析, 以判断不同纯策略组合是否为演化稳定状态 (ESS)。

3.2.1. 系统复制动态方程组

根据前述推导, 三方复制动态方程为:

$$\begin{cases} \dot{x} = x(1-x)\Delta_F \\ \dot{y} = y(1-y)\Delta_I \\ \dot{z} = z(1-z)\Delta_H \end{cases}$$

其中:

$$\Delta_F = \kappa z(1-\delta)[yg_H + (1-y)g_L] - C$$

$$\Delta_I = rz - \Pi_d$$

$$\Delta_H = v(1-\delta)[yg_H + (1-y)g_L] - P$$

3.2.2. 系统均衡点

令: $\dot{x} = 0, \dot{y} = 0, \dot{z} = 0$, 可得系统存在 8 个纯策略均衡点, 见表 3:

$$E_1(0,0,0), E_2(1,0,0), E_3(0,1,0), E_4(0,0,1),$$

$$E_5(1,1,0), E_6(1,0,1), E_7(0,1,1), E_8(1,1,1)$$

这些均衡点分别对应不同的现实状态组合, 如“低保障 - 低让利 - 低留存”状态与“高保障 - 高让利 - 高留存”协同状态等。

3.2.3. Jacobian 矩阵构造

为判断均衡点的稳定性, 构造系统的 Jacobian 矩阵:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial \dot{x}}{\partial x} & \frac{\partial \dot{x}}{\partial y} & \frac{\partial \dot{x}}{\partial z} \\ \frac{\partial \dot{y}}{\partial x} & \frac{\partial \dot{y}}{\partial y} & \frac{\partial \dot{y}}{\partial z} \\ \frac{\partial \dot{z}}{\partial x} & \frac{\partial \dot{z}}{\partial y} & \frac{\partial \dot{z}}{\partial z} \end{bmatrix}$$

由复制动态方程可得: $\frac{\partial \dot{x}}{\partial x} = (1-2x)\Delta_F$, $\frac{\partial \dot{y}}{\partial y} = (1-2y)\Delta_I$, $\frac{\partial \dot{z}}{\partial z} = (1-2z)\Delta_H$ 。

在纯策略均衡点处, 由于 x, y, z 取值为 0 或 1, 交叉偏导项对稳定性判定不构成主导影响, 因此系统稳定性主要取决于特征值符号。

Table 3. Stability analysis of system equilibrium points

表 3. 系统均衡点稳定性分析

均衡点	特征值 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	稳定性判定(ESS 条件)
$E_1(0,0,0)$	$\lambda_1 = \Delta_F(0,0) = -C$ $\lambda_2 = \Delta_I(0) = -\Pi_d$ $\lambda_3 = \Delta_H(0) = v(1-\delta)g_L - P$	若 $\Pi_d > 0$ 且 $v(1-\delta)g_L < P$, 则 ESS

续表

$E_2(1,0,0)$	$\lambda_1 = -\Delta_F(0,0) = C > 0$ $\lambda_2 = -\Pi_d$ $\lambda_3 = v(1-\delta)g_L - P$	非 ESS (至少 $\lambda_1 > 0$)
$E_3(0,1,0)$	$\lambda_1 = \Delta_F(1,0) = -C$ $\lambda_2 = -\Delta_I(0) = \Pi_d$ $\lambda_3 = \Delta_H(1) = v(1-\delta)g_H - P$	非 ESS (若 $\Pi_d > 0$, 则 $\lambda_2 > 0$)
$E_4(0,0,1)$	$\lambda_1 = \Delta_F(0,1) = \kappa(1-\delta)g_L - C$ $\lambda_2 = \Delta_I(1) = r - \Pi_d$ $\lambda_3 = -\Delta_H(0) = P - v(1-\delta)g_L$	取决于参数符号(通常为鞍点); 若要 ESS 需三者均 <0
$E_5(1,1,0)$	$\lambda_1 = -\Delta_F(1,0) = C > 0$ $\lambda_2 = -\Delta_I(0) = \Pi_d$ $\lambda_3 = \Delta_H(1) = v(1-\delta)g_H - P$	非 ESS ($\lambda_1 > 0$)
$E_6(1,0,1)$	$\lambda_1 = -\Delta_F(0,1) = C - \kappa(1-\delta)g_L$ $\lambda_2 = \Delta_I(1) = r - \Pi_d$ $\lambda_3 = -\Delta_H(0) = P - v(1-\delta)g_L$	取决于参数符号(通常为鞍点); 若要 ESS 需三者均 <0
$E_7(0,1,1)$	$\lambda_1 = \Delta_F(1,1) = \kappa(1-\delta)g_H - C$ $\lambda_2 = -\Delta_I(1) = \Pi_d - r$ $\lambda_3 = -\Delta_H(1) = P - v(1-\delta)g_H$	取决于参数符号(通常为鞍点); 若要 ESS 需三者均 <0
$E_8(1,1,1)$	$\lambda_1 = -\Delta_F(1,1) = C - \kappa(1-\delta)g_H$ $\lambda_2 = -\Delta_I(1) = \Pi_d - r$ $\lambda_3 = -\Delta_H(1) = P - v(1-\delta)g_H$	若 $\kappa(1-\delta)g_H > C$ 、 $r > \Pi_d$ 、且 $v(1-\delta)g_H > P$, 则 ESS

3.2.4. 关键均衡点稳定性分析

① 协同均衡 $E_8(1,1,1)$

在该点: $\lambda_1 = -\Delta_F$, $\lambda_2 = -\Delta_I$, $\lambda_3 = -\Delta_H$ 。

若: $\Delta_F > 0, \Delta_I > 0, \Delta_H > 0$, 则三个特征值均为负, $E_8(1,1,1)$ 为渐近稳定点。

该条件可写为: $\kappa(1-\delta)g_H > \frac{C}{z}$, $r > \frac{\Pi_d}{z}$, $v(1-\delta)g_H > P$ 。

当企业放量收益足以覆盖让利成本、规模分摊效应大于赔付压力、保障价值高于保费负担时, 系统将稳定收敛至“高让利 - 高保障 - 高留存”的协同状态。

② 低保障均衡 $E_1(0,0,0)$

在该点: $\lambda_1 = \Delta_F$, $\lambda_2 = \Delta_I$, $\lambda_3 = \Delta_H$ 。

若: $\Delta_F < 0, \Delta_I < 0, \Delta_H < 0$, 则该点为渐近稳定点。

该状态对应企业无让利、保险低保障、健康体退出的“低保障均衡”或“死亡螺旋”状态。

③ 其余均衡点

对 $E_2 \sim E_7$ 进行特征值分析可知, 至少存在一个正特征值, 因此均为鞍点或不稳定点。这表明系统在部分协同或部分退出状态下难以维持稳定, 将进一步向两种极端均衡状态演化。

综上所述, 系统可能存在两类稳定均衡: 协同稳定均衡 $E_8(1,1,1)$; 低保障稳定均衡 $E_1(0,0,0)$ 。系统

最终收敛至哪一均衡, 取决于三方收益差函数 $\Delta_F, \Delta_I, \Delta_H$ 的符号及其参数条件。该系统呈现典型的双稳态结构(bistable structure), 存在协同稳定均衡与低保障稳定均衡两种可能演化路径, 系统最终收敛方向取决于关键参数条件与初始状态。

4. 数值仿真分析和参数敏感性分析

为验证前文演化稳定策略(ESS)的理论推导结果, 并分析关键参数变化对系统稳定性的影响, 本文基于构建的三方复制动态方程组, 采用 MATLAB 中的 ode45 对系统进行数值求解。仿真所用参数是在现实制度逻辑、文献结论及模型归一化处理基础上形成基准参数集, 并由程序统一载入作为基准情景。

在基准情景下, 本文首先设定一组代表性初始策略比例, 考察企业高让利比例 $x(t)$ 、保险公司高保障比例 $y(t)$ 以及健康体参保比例 $z(t)$ 的动态演化路径; 进一步在单位立方体内选取多组不同初始状态, 对系统收敛方向及吸引域特征进行检验, 以避免结论仅依赖于单一初始值设定。

4.1. 基准情景下的演化路径分析

在基准参数设定下, 三方策略比例的演化轨迹如图 2 所示。可以观察到, 企业高让利比例 $x(t)$ 、保险公司高保障比例 $y(t)$ 以及健康体参保比例 $z(t)$ 均随时间单调上升, 并最终稳定收敛至(1,1,1)。该结果表明, 在保障强度较高、流程摩擦较低且风险分担机制有效的条件下, 系统内各主体之间形成正向反馈机制: 企业通过让利扩大市场规模, 保险公司在风险分摊效应下提升保障强度, 健康体因保障价值提升而增加参保意愿, 最终形成“高保障 - 高留存 - 高协同”的稳定均衡状态。该均衡具有明显吸引域, 验证了前文理论分析所得 ESS 的数值稳健性。

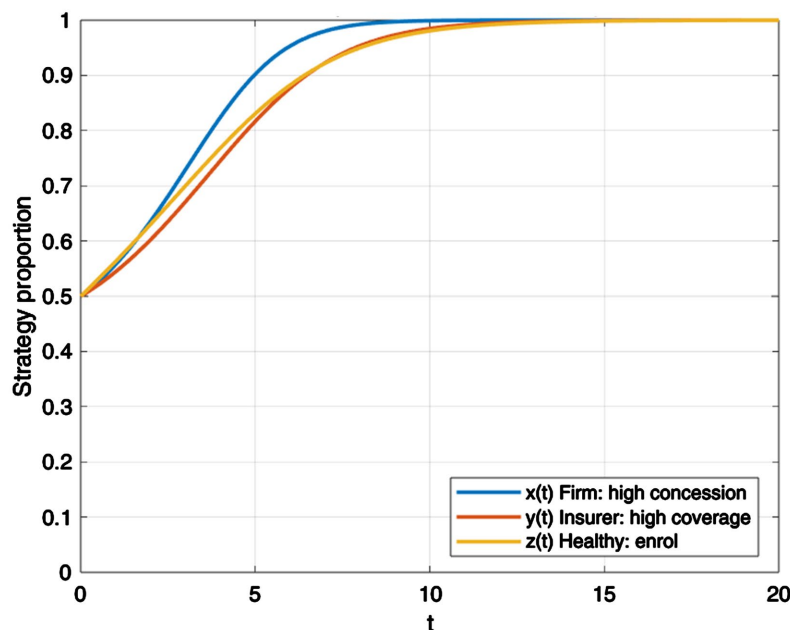


Figure 2. Evolution trajectories under baseline parameters

图 2. 基准参数条件下的演化轨迹图

4.2. 不同初始条件下的收敛稳健性分析

为进一步验证协同均衡点的吸引域特征, 本研究在单位立方体 $[0,1]^3$ 内选取多组不同初始策略比例 (x_0, y_0, z_0) , 并对三方复制动态方程组进行数值仿真。图 3 展示了不同初始条件下系统在三维策略空间中

的演化轨迹。

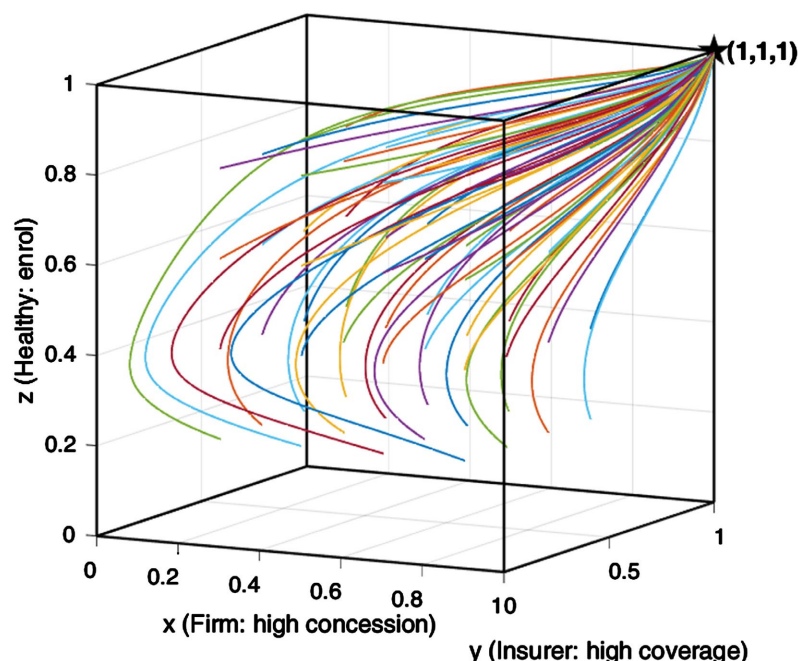


Figure 3. 3D trajectories and basin of attraction
图 3. 三维演化轨迹与吸引域示意图

从图 3 中可以清晰观察到, 为进一步考察协同均衡的吸引域特征, 本文在单位立方体内部以 0.2 为步长构造网格化初始策略组合, 共设置 64 组不同初始状态, 并利用 ode45 对三方复制动态系统进行数值求解。结果表明, 在本文设定的基准参数集下, 多数组合轨迹均逐步向协同均衡点(1,1,1)收敛, 说明该均衡在所考察参数与初始条件范围内具有较强吸引力。

需要说明的是, 本文关于“吸引域”的判断基于有限网格初始值下的数值观察, 其结论主要用于支持理论分析所得的稳定性特征, 而非严格意义上的全局解析证明。因此, 本文更强调在基准参数情景下系统存在向协同均衡演化的显著趋势, 而不将其解释为对现实系统全空间收敛性的绝对断言。

4.3. 参数的敏感性分析

4.3.1. 流程摩擦参数 δ 的敏感性分析

为考察流程摩擦与行政延迟对系统演化稳定性的影响, 本文在基准参数条件下, 分别取 $\delta=0.1$ 、0.4 和 0.8 进行仿真分析, 结果如图 4 所示。

当 $\delta=0.1$ 时, 三方策略比例 $x(t)$ 、 $y(t)$ 、 $z(t)$ 均随时间单调上升并最终收敛至(1,1,1)。说明在流程摩擦较低、行政支持顺畅的条件下, 企业倾向于采取高让利策略, 保险公司选择高保障方案, 健康体保持较高参保比例, 系统最终演化至“高保障-高参保-高协同”的稳定状态。

当 δ 提高至 0.4 时, 系统仍然收敛至(1,1,1), 但收敛速度有所下降。这表明在中等摩擦水平下, 协同机制仍具有一定抗冲击能力, 风险共担结构尚未被破坏。

然而, 当 δ 进一步提高至 0.8 时, 三方策略比例均迅速下降并收敛至(0,0,0)。此时企业不再选择高让利, 保险公司降低保障水平, 健康体参保比例显著下降, 系统进入“保障收缩-参保流失-协同瓦解”的死亡螺旋状态。

该结果说明, 流程摩擦存在明显的阈值效应。当行政延迟或沟通成本超过一定水平时, 三方协同机

制难以维持, 惠民保创新药保障体系将失去可持续性。

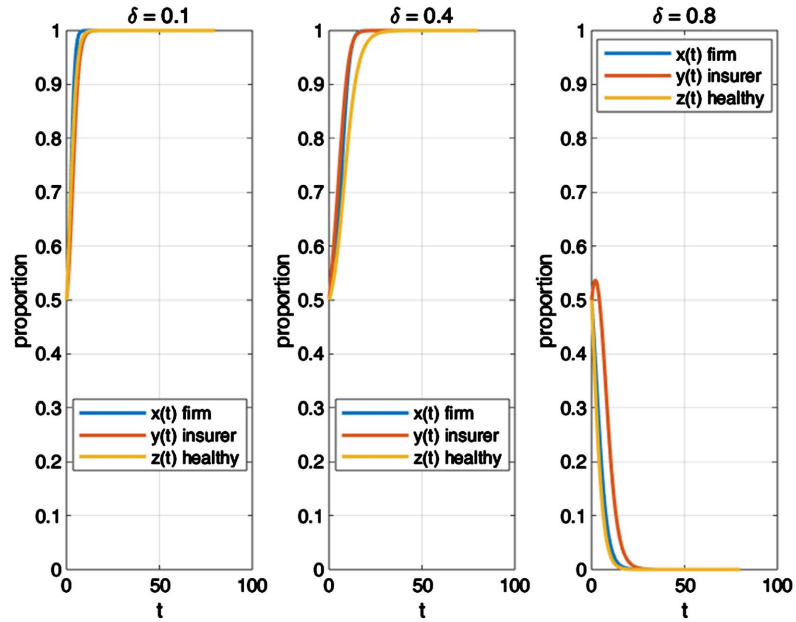


Figure 4. Sensitivity analysis of process friction δ
图 4. 参数 δ 的敏感性分析

4.3.2. 保费水平 P 的敏感性分析

为考察保费水平对系统演化路径的影响, 本文在基准参数条件下分别取 $P = 0.40$ 、 $P = 0.55$ 和 $P = 0.75$ 进行仿真分析, 结果如图 5 所示。

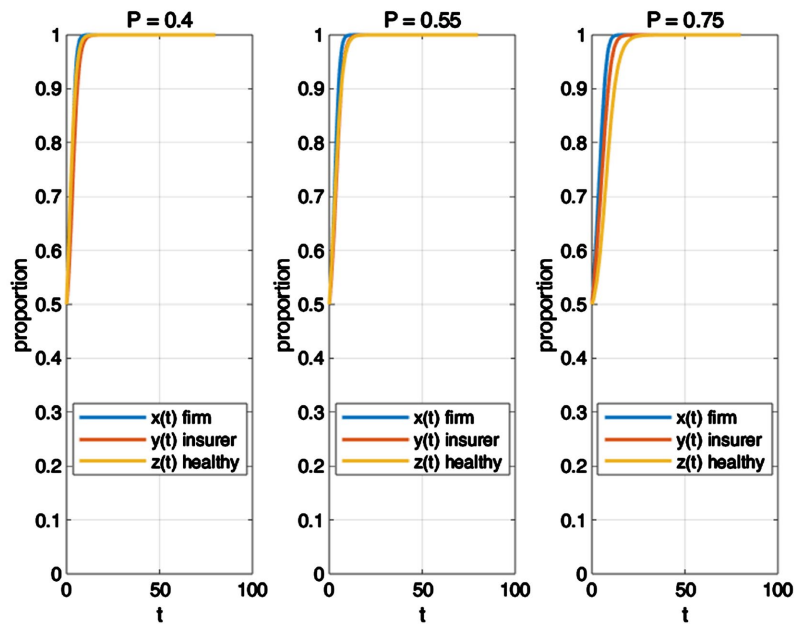


Figure 5. Sensitivity analysis of premium P
图 5. 参数 P 的敏感性分析

当保费水平较低($P = 0.40$)时, 三方策略比例 $x(t)$ 、 $y(t)$ 、 $z(t)$ 均随时间单调上升并迅速收敛至 $(1,1,1)$ 。说明在较低保费条件下, 健康体参保意愿较强, 风险池结构稳定, 企业与保险公司均倾向于采取高让利与高保障策略, 系统形成协同稳定状态。

当保费提高至 $P = 0.55$ 时, 系统仍然收敛至 $(1,1,1)$, 但收敛速度略有下降。这表明在中等保费水平下, 健康体对价格的敏感性有所增强, 但尚未达到触发退出机制的临界水平, 协同结构仍可维持。

当保费进一步提高至 $P = 0.75$ 时, 三方策略仍然收敛至 $(1,1,1)$, 但初期演化波动明显加大, 收敛路径更加平缓。该结果说明, 在当前参数设定下, 保费虽提高, 但尚未超过健康体的心理承受阈值, 因此系统未发生结构性跃迁。

综合来看, 在合理区间内, 保费水平的提高会降低协同收敛速度, 但不会改变系统最终稳定状态。然而, 若保费进一步提高至超过健康体退出阈值, 则可能触发参保流失, 进而影响风险池结构和保险公司保障决策。

4.3.3. 风险共济效应 r 的敏感性分析

为考察风险共济效应对系统演化路径的影响, 本文分别取 $r = 0.3$ 、 $r = 0.9$ 和 $r = 1.3$ 进行仿真分析, 结果如图 6 所示。

当风险共济效应较弱($r = 0.3$)时, 企业高让利比例 $x(t)$ 与健康体参保比例 $z(t)$ 均随时间逐渐上升并收敛至 1, 但保险公司高保障比例 $y(t)$ 却下降并稳定于较低水平(约 0.2)。这表明在风险分摊能力不足的情况下, 保险公司面临较高赔付压力, 即便企业提供高让利且健康体保持较高参保比例, 保险公司仍缺乏动力选择高保障策略。系统未能形成完全协同状态。

当风险共济效应提高至 $r = 0.9$ 时, 三方策略比例均收敛至 $(1,1,1)$, 说明在适度风险共济机制下, 赔付压力得到有效缓解, 保险公司愿意提供高保障, 系统进入协同稳定均衡。

当风险共济效应进一步增强($r = 1.3$)时, 系统收敛速度明显加快, 三方迅速演化至协同状态。该结果表明风险共济机制的增强能够扩大系统吸引域, 提高协同结构的稳定性。

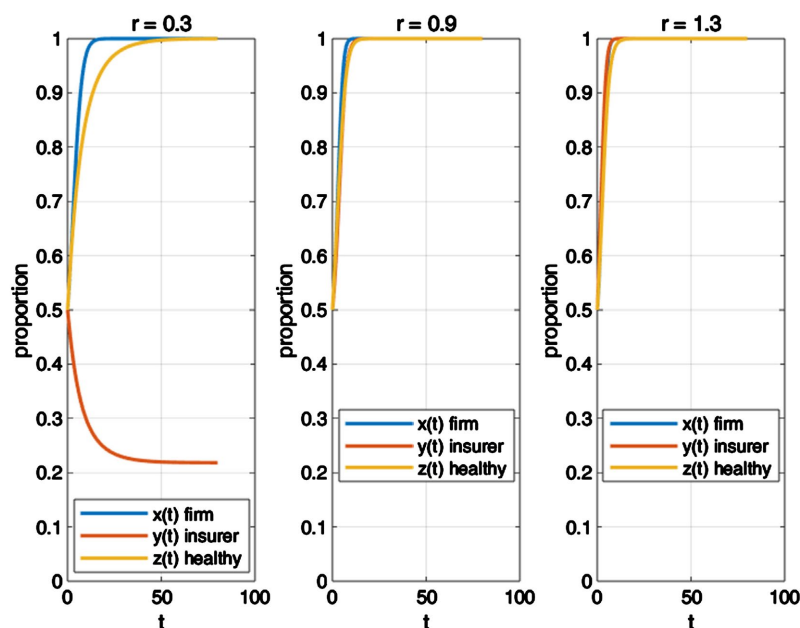


Figure 6. Sensitivity analysis of risk-pooling effect r

图 6. 参数 r 的敏感性分析

风险共济效应 r 在本模型中体现为风险池规模扩张对单位赔付成本的边际缓冲作用。当 r 低于某临界值时, 保险公司预期收益为负, 从而选择低保障策略; 当 r 超过临界阈值后, 系统由非协同状态跃迁至协同均衡。这一结果说明, 风险分担能力是惠民保可持续发展的关键制度变量。

5. 总结

本研究基于演化博弈理论, 构建了创新药保障背景下普惠型商业健康保险(惠民保)的三方博弈模型, 分析了药企、保险公司和参保人在制度运行过程中的行为互动及其对保障体系稳定性与可持续性的影响。通过模型分析, 本研究从理论层面解释了参保结构变化与基金可持续性的内在机制, 探讨了三方主体如何在统一保费约束下进行策略互动, 从而影响系统的稳定性与长期运行。

研究表明, 创新药企业的让利策略对整个系统的影响至关重要。药企的让利幅度直接决定了药品的市场准入价格, 从而改变了保险公司在高保障与低保障之间的决策选择。具体而言, 当药企选择高让利策略时, 不仅能有效降低药品成本, 提升市场竞争力, 还能够促使保险公司提供更高的保障强度, 以吸引更多参保人。高保障则进一步激发健康体参保人对保障方案的信任, 增强其续保意愿, 从而提高参保率。

保险公司在高保障与低保障之间的决策, 尤其是保障强度的设定, 不仅直接影响健康体参保人群的选择, 还通过风险池结构调节保险公司赔付压力与收益水平。在健康体参保比例变化的情况下, 风险池结构会发生动态调整, 从而进一步影响保险公司在风险分担机制上的平衡。这一系列反馈机制的存在, 使得三方主体的策略互动成为保障体系稳定运行的关键。

基于模型的数值仿真分析, 本研究进一步揭示了在一定参数条件下, 惠民保体系能够稳定收敛至“高让利 - 高保障 - 高续保”的协同均衡状态。在这一状态下, 风险池结构相对稳定, 基金运行具备可持续性。然而, 当药企让利幅度不足, 保障强度下降, 或者健康体参保人的续保意愿减弱时, 系统可能演化至低保障、风险集中度上升的非理想均衡状态, 导致赔付压力加剧、参保结构恶化等问题。

敏感性分析结果显示, 系统的稳定性对流程摩擦、保费水平和风险共济效应等关键参数非常敏感。当流程摩擦较大或保费过高时, 系统的稳定性将受到显著影响, 可能导致高保障策略失效, 进而引发“低保障均衡”或“死亡螺旋”状态。同时, 风险共济效应的加强有助于提高风险池的稳定性, 强化保险公司对高保障策略的选择, 从而推动系统向“高让利 - 高保障 - 高续保”方向发展。

通过本研究的分析, 我们可以得出以下结论: 惠民保创新药保障体系的可持续性不仅依赖于单一主体的策略优化, 更取决于三方主体之间的利益协调与动态博弈。三方主体在制度设计中的互动与反馈机制共同决定了风险池的稳定性及其可持续运行。

此外, 模型结果与实证研究相呼应, 表明制度体验与保障预期对参保人续保行为具有显著影响, 支付政策和政府信用环境的改善能够有效改变参保决策成本, 从而影响整个系统的稳定性与长期发展。为确保惠民保创新药保障体系的可持续性, 政策制定者应关注三方主体的利益协调, 并加强保障机制和支付路径的创新。

参考文献

- [1] 张宗良, 褚福灵. 中国多层次医疗保障体系再思考——兼析补充保障的模式创新与协同发展[J]. 经济社会体制比较, 2023(1): 79-92.
- [2] 廖朴, 刘金浩, 冯璐. 健康公平视角下的城乡居民医疗支出不平等研究——基于生命周期模型[J]. 当代经济科学, 2024, 46(2): 1-16.
- [3] 尹世全, 张弘, 刘跃华. 肿瘤创新药纳入全国医保目录的政策实施效果与思考[J]. 中国卫生经济, 2021, 40(1): 22-24.

-
- [4] 刘家一. 高值创新药多层次保险支付路径研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国人民大学, 2024.
- [5] 中国创新药械多元支付课题组. 创新药械多元支付机制及国际实践的研究[J]. 上海保险, 2025(3): 40-44.
- [6] 康蕊. 商业医疗保险推动医药产业创新[J]. 中国金融, 2023(18): 53-54.
- [7] 于保荣, 王庆. 中国惠民保产品的性质、利益相关方与发展趋势[J]. 卫生经济研究, 2023, 40(4): 15-18.
- [8] 赵康, 蒋虹丽, 陈文. 惠民保对 A 省国谈抗肿瘤药品使用的影响研究[J]. 中国卫生经济, 2025, 44(12): 40-44.
- [9] 朱佳英, 王平洋, 高奇隆. 惠民型商业补充医疗保险减轻疾病经济负担的路径及效果分析——以浙江省为例[J]. 卫生经济研究, 2025, 42(7): 36-41.
- [10] 刘文迪, 王子怡, 刘苏仪, 等. 兰州市居民惠民保续保意愿及其影响因素[J]. 医学与社会, 2025, 38(3): 86-92+107.
- [11] 王群, 肖杰雄, 杨震宇. 应对惠民保逆向选择问题的创新做法研究[J]. 卫生经济研究, 2024, 41(4): 61-65.
- [12] 姜骁桐, 郭珉江, 刘阳, 等. 惠民保与基本医保药品保障衔接水平分析方法及实证研究[J]. 中国卫生经济, 2023, 42(6): 30-33+45