

# 基于SIR模型高新技术产业创新生态圈的风险传播机制研究

田原

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年7月11日; 录用日期: 2023年8月10日; 发布日期: 2023年8月17日

## 摘要

随着数字化时代的到来, 高新技术产业在全球范围内得到了迅猛发展。然而, 创新生态圈中的高新技术企业面临着各种风险传播机制的挑战。本研究基于SIR模型传染病模型, 通过仿真模拟的方法, 探究了数字化背景下高新技术产业创新生态圈的风险传播机制。研究表明, 在数字化背景下, 高新技术企业的创新生态圈中存在着复杂的风险传播路径和机制, 这对于企业的可持续发展和创新能力提出了新的挑战。因此, 本研究的结论对于高新技术企业及相关政策制定者具有重要的理论和实践意义。

## 关键词

数字化背景, 高新技术产业, 创新生态圈, 风险传播机制, SIR模型

## Research on the Risk Propagation Mechanism of High-Tech Industry Innovation Ecosystem Based on SIR Model

Yuan Tian

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jul. 11<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 10<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 17<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

With the advent of the digital era, high-tech industries have been developing rapidly worldwide. However, high-tech enterprises in the innovation ecosystem are challenged by various risk propagation mechanisms. Based on the SIR model contagion model, this study explores the risk propa-

gation mechanisms in the innovation ecosystem of high-tech industries in the digital context through a simulation approach. The research results show that there are complex risk propagation paths and mechanisms in the innovation ecosystem of high-tech enterprises in the digital context, which poses new challenges to the sustainable development and innovation capabilities of enterprises. Therefore, the findings of this study have important theoretical and practical implications for high-tech enterprises and relevant policymakers.

## Keywords

Digital Context, High-Tech Industry, Innovation Ecosystem, Risk Propagation Mechanism, SIR Model

Copyright © 2023 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

随着数字化时代的到来，高新技术产业在全球范围内迅猛发展。数字化技术的广泛应用为高新技术企业创造了前所未有的机遇和挑战。在这个数字化背景下，高新技术企业不仅需要关注技术创新和市场竞争，还必须应对风险传播所带来的不确定性和影响。高新技术产业创新生态圈作为一个多元化、互动性强的生态系统，扮演着推动创新和持续发展的重要角色。然而，该生态圈中的风险传播机制尚未得到充分的研究和理解。本研究旨在通过对数字化背景下高新技术产业创新生态圈的风险传播机制进行深入研究，揭示其中的关键要素和相互作用关系。通过应用 SIR 模型传染病模型进行仿真模拟，我们可以对高新技术企业的风险传播进行定量分析和预测。通过研究风险传播机制，我们可以提供有针对性的策略和建议，以帮助高新技术企业有效管理和控制风险，促进创新和可持续发展。

## 2. 数字化背景下高新技术产业创新生态圈概述

### 2.1. 高新技术产业的发展趋势

高新技术产业作为当代经济发展的重要引擎，正迅速崛起并推动着全球经济的转型升级[1]。在数字化时代，高新技术产业呈现出一些明显的发展趋势。首先，数字技术的广泛应用催生了新一轮的技术革命，如人工智能、物联网、大数据等，为高新技术产业的创新提供了强大的支持。其次，高新技术产业呈现出跨界融合的趋势，不同行业之间的交叉与融合加速了创新的速度和质量[2]。再者，数字化背景下的高新技术产业更加注重用户体验和个性化需求，推动了服务创新和商业模式创新。综上所述，数字化背景下高新技术产业的发展呈现出快速、跨界和创新的特点。

### 2.2. 创新生态圈的概念和特点

创新生态圈是指由一系列相互关联的企业、组织、研究机构、投资者和政府部门等参与者构成的生态系统，共同推动创新和经济发展[3]。数字化背景下的创新生态圈具有以下几个主要特点。首先，它是一个开放的生态系统，通过合作、共享和交流，促进资源和知识的流动。其次，创新生态圈是一个多元化的系统，涵盖了不同行业和领域的参与者，形成了协同创新的格局。再者，数字化背景下的创新生态圈更加注重创新速度和敏捷性，追求快速迭代和持续创新[4]。最后，创新生态圈还具有共同的利益和目标，参与者之间形成了相互依赖和互利共赢的关系。

### 2.3. 数字化背景下创新生态圈的挑战

在数字化背景下，创新生态圈面临着一系列的挑战和问题。首先，信息的不对称性和不完全性导致了合作伙伴选择的困难，影响了创新资源的配置和流动[5]。其次，知识产权保护和共享机制的不完善使得创新生态圈中的知识产权纠纷和利益分配问题成为制约因素。再者，数字化技术的快速更新和应用导致了技术壁垒的提高，使得创新生态圈中的企业需要不断跟进和适应变化。此外，数字化背景下的创新生态圈还面临着数据隐私和安全的挑战，需要加强信息安全和隐私保护。综上所述，数字化背景下的创新生态圈面临着诸多挑战和问题，需要探索有效的解决途径。

## 3. SIR 模型传染病模型在高新技术企业风险传播中的应用

### 3.1. SIR 模型传染病模型的基本原理

SIR 模型是一种经典的传染病模型，常用于描述传染病在人群中的传播过程[6]。该模型将人群划分为三个互相转化的状态：易感者(Susceptible)、感染者(Infected)和康复者(Recovered)。基于这些状态之间的转化关系，SIR 模型可以描述传染病的传播速度和规模。

在 SIR 模型中，易感者可以被感染者传染，感染者可以康复并具有免疫力。模型的基本假设是人群之间的接触是随机的，并且传播速率和康复率是恒定的。通过一组微分方程，可以描述易感者、感染者和康复者之间的人数变化。

### 3.2. SIR 模型在风险传播中的应用

SIR 模型最初用于描述传染病在人群中的传播，但其应用范围已经扩展到其他领域，包括风险传播的研究[7]。在高新技术企业的背景下，可以将风险视为一种类似传染病的因素，通过 SIR 模型来模拟和分析风险的传播过程。

通过将人群划分为易感者、感染者和康复者，可以将高新技术企业中的相关参与者与 SIR 模型中的不同状态相对应。易感者表示尚未受到风险影响的企业或个人，感染者表示已经受到风险影响的企业或个人，康复者表示经过一定措施后从风险中恢复或降低风险的企业或个人。

在风险传播模拟中，可以根据实际情况设置风险的传播速率和康复率。传播速率可以表示风险在企业或个人之间传播的速度，康复率可以表示企业或个人采取措施以减少风险的能力和效果。

### 3.3. 将 SIR 模型应用于高新技术企业风险传播的意义

将 SIR 模型应用于高新技术企业的风险传播研究具有重要的意义[8]。首先，SIR 模型提供了一种系统的、量化的方法来分析和预测风险的传播过程。通过对模型的建立和仿真模拟，可以定量地评估风险的传播规模和速度，识别重点传播路径和影响因素。

其次，SIR 模型为高新技术企业提供了指导和决策支持。通过模型的分析结果，企业可以了解风险的传播机制，识别潜在的风险源和传播途径。这有助于企业制定相应的风险管理和控制策略，减少风险的影响和损失[9]。

此外，SIR 模型的应用还可以帮助高新技术企业预测风险的发展趋势，提前做好准备和规划。通过模拟实验和敏感性分析，企业可以评估不同干预措施的效果，优化资源配置，提高风险管理的效率和效果。

## 4. 高新技术产业创新生态圈中的风险传播过程

### 4.1. 技术风险的传播机制

技术风险是高新技术产业创新生态圈中常见的一种风险类型，它涉及到技术的研发、转化和应用过

程中的不确定性和挑战。技术风险的传播主要通过技术合作、技术转让和技术扩散等方式进行。首先，技术合作可以促进创新生态圈内不同企业之间的技术互补和资源共享，但同时也会带来技术泄漏和竞争风险[10]。其次，技术转让是将创新成果从一个企业或机构转移到另一个企业或机构的过程，但在转让过程中存在着技术信息不对称和不完全流动的问题。最后，技术扩散是指技术在创新生态圈内的广泛传播和推广应用，但同时也会面临技术标准的不一致和技术依赖的风险。

## 4.2. 市场风险的传播机制

市场风险是高新技术产业创新生态圈中的一种常见风险，涉及到市场需求、竞争格局和商业模式等方面的不确定性和变化。市场风险的传播主要通过市场信息的传递和市场行为的互动实现。首先，市场信息的传递是指市场参与者之间关于市场需求、竞争状况和商业机会等信息的传递和共享，但在传递过程中会存在信息不对称和信息噪声的问题。其次，市场行为的互动是指不同企业和机构之间在市场竞争中的相互作用和影响，包括价格竞争、产品差异化和市场份额争夺等方面，但在互动过程中可能会出现恶性竞争和市场不稳定的情况。

## 4.3. 政策风险的传播机制

政策风险是指政府政策和法规变化对高新技术产业创新生态圈产生的不确定性和影响。政策风险的传播主要通过政策制定、政策实施和政策调整等环节实现[11]。首先，政策制定是指政府制定和发布相关政策和法规，影响创新生态圈内企业的发展和运营，但在制定过程中可能存在决策的不确定性和政策的不一致性。其次，政策实施是指政府对制定的政策和法规进行具体的执行和监管，但在实施过程中可能会出现执法不公和执行力度不足的问题。最后，政策调整是指政府根据实际情况对已有政策和法规进行调整和修订，但在调整过程中可能会引发企业的不确定性和政策预期的变化。

## 4.4. 风险传播的动态演化分析

高新技术产业创新生态圈中的风险传播是一个动态演化的过程，不同类型的风险之间存在着相互影响和相互作用的关系[12]。通过对风险传播的动态演化进行分析，可以更好地理解风险的传播机制和影响因素。例如，技术风险的传播可能会引起市场风险的扩散，因为技术的成功应用和推广需要市场需求的支撑和认可。类似地，政策风险的变化也会对技术风险和市场风险的传播产生重要影响，政策的支持和调整可以促进技术的转化和市场的发展，而政策的限制和变化则可能对技术和市场的稳定性产生负面影响。因此，研究风险传播的动态演化，有助于揭示高新技术产业创新生态圈中的风险相互关系和整体风险态势的变化。

# 5. 高新技术产业创新生态圈风险管理对策

## 5.1. 风险监测与预警机制

针对高新技术产业创新生态圈中的风险，建立有效的风险监测与预警机制至关重要。该机制可以通过收集、分析和评估相关的技术、市场和政策信息，及时掌握风险的发展动态和趋势，为决策者提供预警和决策支持。监测和预警的手段可以包括数据分析、模型建立、专家咨询和信息系统等。通过建立全面的风险监测与预警机制，可以提高对风险的识别和应对能力，降低风险对创新生态圈的不利影响。

## 5.2. 风险传播路径的控制与管理

为了降低风险传播对高新技术产业创新生态圈的影响，需要采取措施控制和管理风险传播的路径。首先，建立健全的知识产权保护机制是防止技术风险传播的重要手段。通过加强知识产权的保护和管理，

可以避免技术泄漏和侵权行为，保护创新成果的独特性和竞争优势。其次，加强技术合作和转让的管理是控制技术风险传播的关键。建立合理的技术合作和转让机制，加强合同管理和技术审查，确保技术合作和转让的合法性和安全性。此外，建立规范的市场准入和竞争机制，促进市场竞争的公平和有序，有助于控制市场风险的传播。同时，加强对政策的监测和评估，及时应对政策风险的变化，也是有效控制风险传播路径的重要措施。

### 5.3. 风险应对与危机管理

针对高新技术产业创新生态圈中的风险，需要制定相应的风险应对和危机管理策略。在面对技术风险时，可以通过加强研发管理、技术评估和知识产权保护等措施来提高技术的成功率和稳定性。对于市场风险，可以采取市场调研、产品定位和品牌建设等策略，提高企业的市场竞争力和市场适应能力。对于政策风险，可以积极参与政策制定和政策实施过程，与政府部门建立良好的沟通与合作关系，争取政策支持和优惠政策。此外，建立完善的危机管理机制，包括事前预案制定、事中应对和事后评估等环节，有助于在面对风险和危机时快速反应和有效应对。

### 5.4. 风险共担与合作机制

高新技术产业创新生态圈中的风险往往是共性风险，不仅影响单个企业，也影响整个生态圈的稳定和发展。因此，建立风险共担和合作机制是有效管理风险的重要方式。通过加强企业间的合作与沟通，共同应对风险，可以共享风险和成本，提高整个生态圈的风险承受能力。合作的方式可以包括技术联盟、产学研合作和产业链协同等。此外，与政府部门和金融机构的合作也是重要的风险管理手段。政府可以提供政策支持和风险补偿机制，金融机构可以提供风险投资和保险服务，共同促进创新生态圈中的风险管理和创新发展。

## 6. 模型构建

### 6.1. 变量解释

基于此，本文构建的基于 SIRS 的高新技术企业风险传播状态节点主要包括：潜在传播者  $S$ 、风险感染者  $I$ 、治愈者  $R$ ，具体定义如下：

潜在传播者(susceptible)：高新技术企业在进行创新过程中风险产生的源头，一般多为高校或科研院所；

风险感染者(infection)：高新技术企业进行创新过程中风险的接收者，具体表现为以市场为导向的高新技术企业；

治愈者(recovered)：高新技术企业创新生态圈的消费者，消费者一般不再进行风险传播。

### 6.2. 模型假设

本文构建的 SIR 模型，主要针对高新技术企业面对创新时产生的风险，分析创新风险的传播，因此，模型做如下假设：

假设 1：高新技术企业创新生态圈的企业数量固定不变，由于高新技术企业具有较高的进入壁垒，即  $S(t) + I(t) + R(t) = N$ 。

假设 2：消费者不在继续传播创新风险，即治愈者  $R$  不会再产生新的风险。

### 6.3. 模型的动力学方程及参数说明

根据 SIR 模型构建了高新技术企业创新生态圈的传导图(见图 1)，图中高校、科研院所为风险易感者，即风险发源地；以市场为导向的高新技术企业为风险感染者，是高新技术企业创新的中心，一般而言是

创新生态圈的中心；消费者为恢复者，在风险传播的过程中，消费者会承受来自创新企业的风险代价，例如：企业创新风险成本提高后会提高售价，消费者需要部分承担创新结果，但是消费者不能够将风险继续传播下去，即风险在消费者 R 这里就消失了。



**Figure 1.** Risk transmission diagram of high-tech enterprises  
**图 1.** 高新技术企业风险传导图

$$dS(t)/dt = \alpha^* N - \beta^* S(t)^* I(t)/N$$

$$dI(t)/dt = \beta^* S(t)^* I(t)/N - \gamma^* I(t)$$

$$dR(t)/dt = \gamma^* I(t)$$

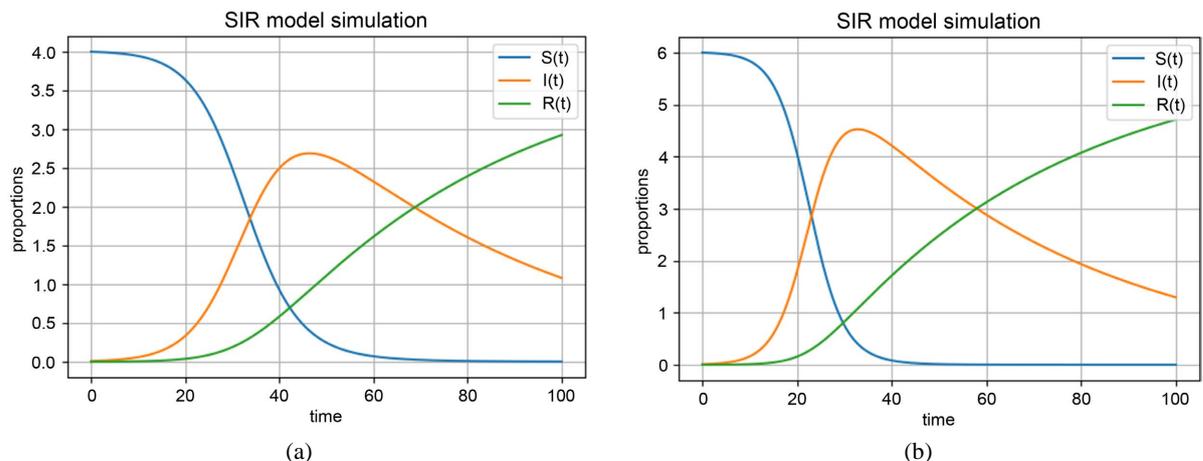
式中： $\alpha$  为潜在传播者  $S$  转化为风险感染者  $I$  的系数； $\beta$  为风险感染者  $I$  转化为治愈者  $R$  的系数； $\gamma$  为治愈者的恢复系数； $N$  为潜在风险传播企业的数量。 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  互不影响。

#### 6.4. 仿真实验及分析

利用 python3.7 建立 SIR 微分方程仿真程序，开展仿真实验，利用不同的感染传播系数对模型进行不同的分析。

图 2(a) 中在高新技术企业创新生态群中高校、科研院所的风险为 4 个，图 2(b) 中初始的风险为 6 个，从仿真结果可以看出：图 2(a) 中大约第 45 天，受到风险波及的企业数量达到最高峰，且在这一天，高校、科研院所的风险数量逐步下降，消费者的数量逐步增多。第 70 天左右，高校和科研院所的风险数量为 0，即创新生态圈中不再有创新风险的传播，但是由于风险传播的时差性，还有一部分风险由以市场为导向的高新技术企业承担，因此在这一时期，还有一部分高新技术企业存在创新风险。图 2(b) 中由于初始风险增加，35 天左右以市场为导向的高新技术企业感染风险数量就达到了最高点。

图 2(c) 和图 2(d) 中由于感染系数的不同，导致了风险在创新生态圈中传播的速度也不一样。由图 2(c) 可以看出，由于  $\alpha$  变小，受到风险感染的企业下降速度明显降低了很多，大约在 55 天左右的时候风险感染者  $I$  达到最大值，治愈者  $R$  的数量上升变得更为平缓。图 2(d) 中，感染系数  $\beta$  下降，由图可知风险感染者  $I$  的数量明显下降。



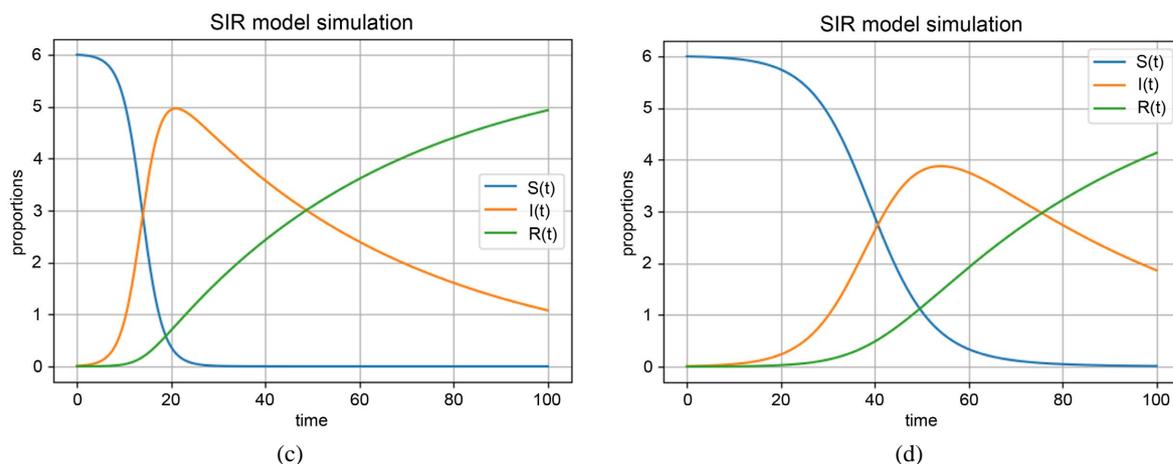


Figure 2. Experimental result  
图 2. 实验结果

## 7. 结论

在高新技术企业创新生态群中，每一个创新生态群由于企业与高校、科研院所联系的紧密程度不同，会造成不同的感染系数  $\alpha$ ，从仿真结果可知： $\alpha$  越大，则风险传播速度越快、风险感染企业也就越多，因此，高新技术企业应该加强和高校与科研院所的联系，减少风险传播过程中的感染系数。而且，从高校和科研院所等风险易感者的风险传播数量来看，风险传播的数量越多，则越容易使风险感染者  $I$  受到影响，因此，从风险源头出发，控制高校和科研院所的风险产生数量也可以很好地降低风险的传播，大大增加创新的成功概率。

## 参考文献

- [1] 王燕, 高静, 刘邦凡. 高新技术产业集聚、科技创新与经济增长[J]. 华东经济管理, 2023, 37(4): 56-64. <https://doi.org/10.19629/j.cnki.34-1014/f.211102011>
- [2] 白素霞, 陈彤. 中国高新区高新技术产业创新效率探析[J]. 经济体制改革, 2021(2): 68-73.
- [3] 朱国军, 胡凯旋, 孙军. 智能制造企业专利生态运营能力形成机理研究[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(3): 106-113.
- [4] 周全, 程梦婷, 陈九宏, 等. 战略性新兴产业创新生态系统研究进展及趋势展望[J]. 科学管理研究, 2023, 41(2): 57-65. <https://doi.org/10.19445/j.cnki.15-1103/g3.2023.02.008>
- [5] 赵艺璇, 成琼文, 陆思宇, 等. 创新生态系统中参与者资源获取路径研究——社会嵌入视角的多案例分析[J]. 管理学报, 2023, 20(2): 159-170.
- [6] 谢卫红, 杨超波, 朱郁筱. 食品安全网络舆情的重复感染 SIR 模型研究[J]. 系统工程学报, 2022, 37(2): 145-160. <https://doi.org/10.13383/j.cnki.jse.2022.02.001>
- [7] 宫兆刚, 蔡江涛, 阳志锋. 一类具有种群 Logistic 增长的 SIR 传染病模型的稳定性[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2012, 30(1): 64-69. <https://doi.org/10.16614/j.cnki.issn1004-5570.2012.01.023>
- [8] 朱玘, 李维德, 朱凌峰. 基于 SIR 传染病模型的不同控制策略比较[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2011, 12(3): 265-269.
- [9] 杨湘浩, 段哲哲, 王筱莉. 考虑遗忘机制的企业隐性知识传播 SIR 模型研究[J]. 中国管理科学, 2019, 27(7): 195-202. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2019.07.019>
- [10] 李巍. 互联网金融企业商业模式创新的驱动机制研究[J]. 科研管理, 2020, 41(7): 130-137.
- [11] Anniqun Un, C. (2002) Innovative Capability Development in U.S. and Japanese Firms. *Academy of Management Annual Meeting Proceedings*, 2002, E1-E6. <https://doi.org/10.5465/apbpps.2002.7516866>
- [12] 王冬梅. 蓝海战略中企业资金管理风险及控制措施——基于价值链视角[J]. 现代商业, 2020(7): 152-153.