

# 基于 SD 模型的文化产业创新生态系统优化研究

## ——以上海市为例

**【摘要】**：基于生态学和创新系统理论，构建了文化产业创新生态系统模型，以上海文化产业为例，运用 Vensim PLE 软件进行系统动力学建模，以政府引导、科研支出、教育投入、文化投入、小康标准、人口等为变量设计不同虚构政策，按照产业链和技术链进行数据输入，观察链条各环节价值耦合特征。研究发现：文化产业投入比重、研发投入比重及教育投入比重对文化产业发展均能产生较大正向效应且敏感度从高到低；政府引导系数需保持在合理范围之内，小康标准、人口增长率等社会因素对文化产业的影响存在时滞性。

**【关键词】**：文化产业，创新生态系统，系统动力学

### 0 引言

作为网络创新和开放式创新理论融合的产物，创新生态系统指创新群落与创新环境之间，通过物质、能量和信息的“三流联结”，形成共生竞合、动态演化的开放系统<sup>[1]</sup>。脱离于传统产业观念和类别，文化产业以创作、创造、创新为根本手段，以文化内容、创意成果为核心价值，以知识产权实现或消费为交易特征，为社会创造财富并且提供广泛就业<sup>[2, 3]</sup>。文化产业在产业经济运行过程中形成了具有一定输入和输出联系的网络化结构，通过创新物质、能量和信息流动最终形成一个开放而复杂的巨系统<sup>[4]</sup>。

改革开放以来，我国文化产业的发展以政府外力推动为主，尚未形成一个良性的同生共进的创新生态系统，致使大部分地区文化产业发展仍停留在低水平、低层次的重复建设上。本文借鉴生态学和创新系统相关理论，将文化产业创新生态系统分为产业链和技术链两个子系统以及一个派生系统（价值链系统）<sup>[5]</sup>，并将系统动力学方法引入到相关研究中，追寻文化产业链、技术链、价值链形成的新规律，研究优化配置文化创新资源的对策。

### 1 文献综述与评价

自 20 世纪 90 年代以来，文化产业发展成为一个广受重视的研究课题。在定性方面，刘吉发<sup>[6]</sup>、胡惠林<sup>[7]</sup>、顾江<sup>[8]</sup> 等学者系统梳理了西方国家和我国文化产业的发展脉络，并依据 SCP 范式研究了文化产业的运行机制与政策取向，完善了文化产业研究的理论框架和体系。后续研究不断对其进行补充丰富，涵盖文化产业发展模式、发展趋势以及影响因素等领域。定量研究则主要集中在对文化产业效率及其区域竞争力的评价上，所使用的研究方法包括 ANP、DEA、SFA、VAR、结构模型法等<sup>[9-11]</sup>。

创新生态系统是近几年出现的一个新兴概念，融合了生态学与创新系统理论，将自然界生态群落存在的自然演化规律应用到经济管理领域。国外对于创新生态系统的研究主要侧重于商业生态系统战略的确立<sup>[12, 13]</sup>，国内学者多解释创新生态系统的内部机理和行为。如吕玉辉<sup>[14]</sup> 提出，企业的技术创新活动形成一个动态的生态系统，由实施和影响技术创新活动的机构、制度及周边环境要素构成，系统要素彼此之间有序流动。然而鲜有学者从产业层面对创新生态系统的相关问题进行研究。就文化产业而言，已有学者从生态学角度对其发展系统进行剖析，却始终未直接采用“文化产业创新生态系统”概念。

系统动力学在处理区域产业经济发展系统关系的研究中证明了独特的优越性。相关应用主要集中在旅游产业方面。如张春香<sup>[15]</sup> 以河南省文化旅游产业为背景，通过构建文化旅游产业系统动力学仿真模型，探索了文化旅游产业发展的趋势特点和内在

机理。此外，王业球等<sup>[16]</sup>运用系统动力学方法，建立了区域文化产业链 SD 模型，在分析区域文化产业链系统构成因素的基础上，对各个系统因素的内在机制和规律进行了充分的阐述，提出了构建区域文化产业链的对策。

已有研究成果为本文的研究提供了较好的借鉴与启示。本文将从生态学视角研究文化产业发展与外部环境的互动关系，并把文化产业发展看作是一个开放、动态、随着时间而复杂多变的创新生态系统，结合系统动力学方法对其结构、要素进行深入剖析，意在探讨文化产业发展内部规律并提出优化思路。

## 2 文化产业创新生态系统概念及理论模型

### 2.1 概念

基于 Structure-Conduct-Performance (SCP) 分析框架的传统产业经济学集中研究企业交易成本、组织结构、策略行为及资源配置等问题<sup>[17]</sup>。然而，随着社会发展和经济结构的不断复杂化，传统产业经济学不能有力地解释现实生活中复杂和动态的经济现象。而基于达尔文生物进化论的组织生态理论，借助生物学遗传、变异与选择机制，将经济系统与自然生物系统加以类比，为文化产业演化提供了一个动态变化的研究框架。Ron Adner<sup>[18]</sup>于 2006 年提出了“创新生态系统”，指出创新已不是单个企业可以完成的任务，只有与一系列合作伙伴进行互补性协作，才能真正为顾客创造有价值的产品和服务，而这种互补性组织就是一个创新生态系统。创新生态系统是协同整合机制的一种范式，它将生态系统中不同企业的创新成果整合到一起，转化成一整套协调一致、面向客户的解决方案。当创新生态系统开始作用时，创新企业的创新战略与其所处产业生态系统中的创新系统相匹配，系统内的企业群可以创造多于任何企业单独创造的价值<sup>[19]</sup>。文化产业的这种演化行为与自然生态系统中的生物变异机制非常相似。

文化产业创新生态系统是在特定时间和空间范围内，相同或相近的文化产业组织及其支撑体系，通过复杂的经济利益关系在一定区域内形成的一个有机统一体，由跨组织、政治、经济、环境和技术等各子系统组成，通过各子系统的互动，营造一个有利的创新氛围。系统内各成员企业经由市场力量的指导，不断与周边及外界环境发生物质、能量、信息和资金交流。在文化产业创新生态系统演化过程中，由于资源的有限性和环境的动态变化，系统因子会根据自身的发展状况不断修正其策略，以求系统整体优化和可持续发展。

### 2.2 理论模型

对于自然界的生物而言，要维持系统的可持续发展，就必须拥有以营养链和食物链为核心的完整循环体系。不同生物之间通过食物链或食物网的链接，实现自身所需营养成分的供给，从而维持整个系统的循环运作。文化产业同样如此，不同成员之间通过信息流、物流、价值流、资金流等，构成类似自然生态系统中的食物链<sup>[20]</sup>，不同链条之间相互交叉形成网状结构，这种网状结构大大提高了文化产业经济活动的可靠性和相互依赖性。

本文将文化产业创新生态系统主要划分成 3 个子链系统，即产业链子系统、技术链子系统以及两者之间相互作用下派生出的价值链子系统。每个子系统本身就是一个复杂的系统，其内部有着众多相互关联、相互影响的因素，同时它们之间又通过某种渠道、某些因素相互交织在一起<sup>[21, 22]</sup>，从而构成文化产业的整体创新生态系统（见图 1）。

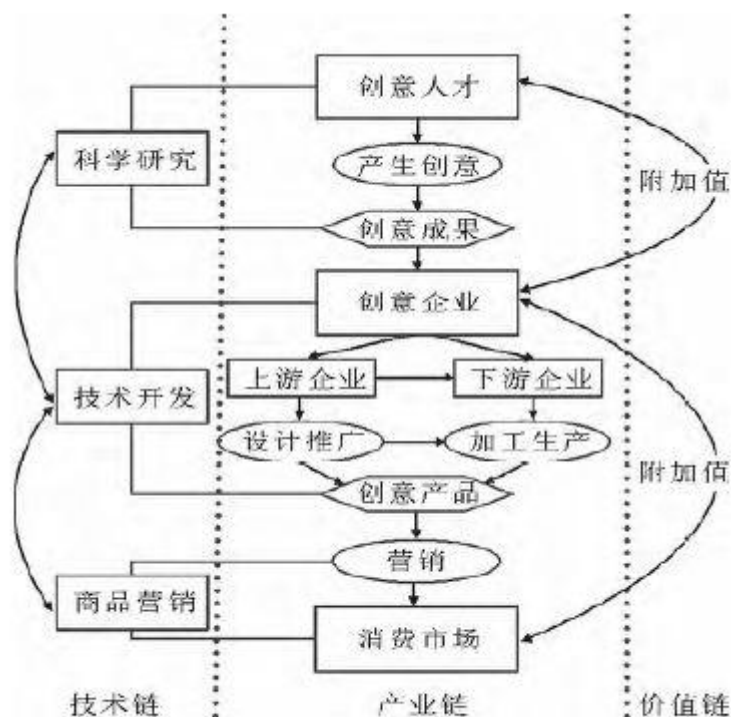


图1 文化产业创新生态系统的三链结构

（1）产业链子系统。与产业发展相关的政策、法规、经济、人才等资源和环境，如同自然界中的阳光、水和空气，能够为文化产业生存、成长提供各种资源，共同支撑文化产业进化发展。同时，这些资源的质量、数量及其结构配置，对文化产业生命系统的发展起着根本性的制约作用<sup>[23, 24]</sup>。比如文化产业收入的增加能提升地区 GDP 值，地区 GDP 的提升也带来了人均 GDP 和居民人均可支配收入的增加，居民人均可支配收入的增加又进一步使得文化产品消费支出比例提升和文化消费需求增加，如此就形成了一个文化产业需求能力自增强的动态过程，最终将推动文化产业整体发展。

（2）技术链子系统。文化产业是文化与经济的结合，也是文化与科技的结合<sup>[25]</sup>。科技创新是文化产业发展的助推器<sup>[26]</sup>，文化产业发展的内在需求张力又推动科技创新与文化振兴。张忠治<sup>[27]</sup>认为，现代意义上的文化产业之所以能够成为产业，正是科技创新的结果。各种技术本身可能存在承接关系，即一种技术的获得和使用必须以另一种技术的获得和使用为前提。因此，物化于上下游产品中的各种技术依据产品的链接关系形成了一种技术链<sup>[28, 29]</sup>。

（3）价值链子系统。自然生态系统中，能够利用光能将简单的无机物合成为有机物的生物称为生产者。创意人才和创意设计类部门是文化产业生态系统的生产者，直接从市场获取资源和发展动力，然后根据个人的创造力和技能产生创意，从而将创意信息流、资金流等引入系统，为文化企业及相关企业提供生产要素。对文化产业而言，这种通过价值转化和要素还原等方式联接不同企业物种的链条，称为文化产业生态系统“价值链”<sup>[30]</sup>。在价值链中，各种营养成分（信息流、物质流、资金流、价值流等）流动的直接动力与根本原因是文化企业寻求生产和发展的本能，目标是为消费市场提供极具个性化的产品和服务，为用户和企业创造更多利益。

### 2.3 文化产业系统动力学建模

系统动力学（System Dynamics, SD）由美国麻省理工斯隆管理学院的福瑞斯特教授<sup>[31]</sup>于1956年创立，它将系统科学理论与计算机仿真紧密结合，以结构—功能模拟为其突出特点，擅长处理高阶、非线性时变问题。文化产业发展的影响因素具有复杂多元、非线性、动态性，采用系统动力学方法进行分析是非常合适的。对不同文化产业按照产业链和技术链进行数据输入，

观察链条各环节价值耦合特征，并分析其中原因。此模拟过程的意义是揭示科技创新在什么样的情形下能够对文化产业发展更加有效。更为重要的是，在仿真过程中，将不同的文化产业政策和技术创新政策干预加入其中，观察产业发展目标，为政策制定提供依据。根据系统动力学方法理论，在系统内外，允许有信息、物质与能量交流，但在设定初始条件时只考虑系统内部状态，外部因素对系统行为不起决定性作用。对内部环境进行分析，影响区域文化产业发展的主要因素有：政府投资行为、市场需求行为以及经济发展状况。所有这些因素互相作用，编织成一张复杂的关系网络（见图2）。本文建模基于以下基本假设：①文化产业从萌芽到发展到成熟运作是一个连续渐进的行为过程；②排除政策突变和异常事件而导致的系统崩溃；③国际环境、政治环境、社会环境和个人习惯等其它因素对文化产业发展的影响很小，几乎可以忽略不计；④地区（人均）GDP变化与文化产业发展能力在一定程度上可以互相反映；⑤特定参数在文化产业发展的一定期间内不会变化。

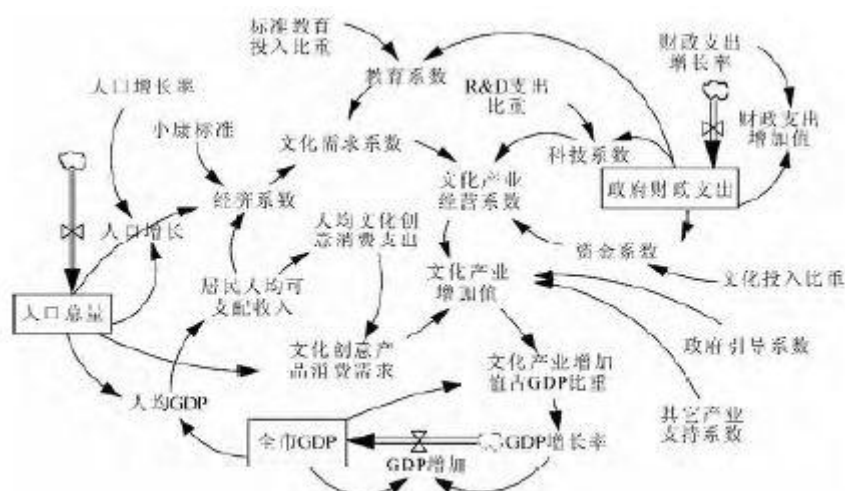


图2 文化产业发展概念模型

### 3 基于SD模型的上海市文化产业创新生态系统优化

#### 3.1 数据来源

上海作为中国经济最为发达的城市之一，拥有较高的技术积累与创新、深厚的人才基础以及开放宽容的文化氛围，形成了文化产业发展的有利条件。2012年，上海文化产业实现总产出7696亿元，增加值的增幅高于全市GDP增幅3.3个百分点，对上海经济增长的贡献率达到20.2%，创造就业岗位超过129万个。在这座正值创新转型、攻坚克难关键时期的城市，文化产业明显成为发展亮点[32]，初步形成了相对完整的产业体系和创新体系。

本文以上海文化产业方面的相关数据为基础，收集整理20多个指标数据，运用Vensim PLE软件进行数学建模，对上海文化产业发展作出实证分析。由于我国从2003年才开始大力发展文化产业，考虑到数据的可获得性和准确性，模型参数主要以2003—2012年的历史数据构建而成，来源于《上海统计年鉴》和《中国统计年鉴》。考虑到系统动力学建模更强调模型的构成而非参数的精准度，部分变量的量化通过合理估算、校正得到。

#### 3.2 模型有效性检验

假定运行时间为2003—2012年，仿真步长为一年。为了检验模型的运行行为是否符合事实，本文将模型的仿真数据与已存在的历史数据进行对比。以全市GDP和文化产业增加值两个变量为例，它们在文化产业创新生态系统模型中的仿真值变化趋势非常接近于实际状况（见图3），都是2003—2012年逐年增加，其中文化产业增加值的波动较全市GDP大。全市GDP的拟合优

度达到 91%以上，文化产业增加值的拟合度逼近 89%。计算结果还显示，其它变量的整体误差也都控制在 20%左右，说明本文建立的文化产业创新生态系统模型较为客观地反映了上海文化产业 2003—2012 年的运行情况，同时验证了模型的合理性与准确性。

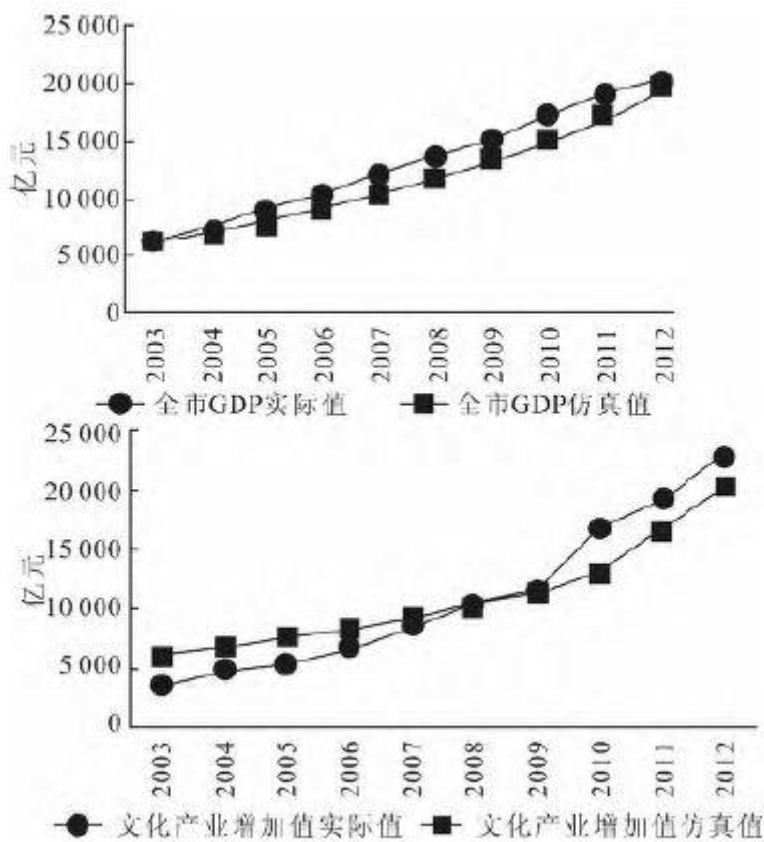


图 3 GDP 和文化产业增加值的模拟值与真实值对比

3.3 模型仿真分析

3.3.1 趋势仿真

SD 方法的优势是在检验模型能较好地反映客观情况后，可以对未来文化产业创新生态系统的发展进行模拟实验。本文对其进行 20 年仿真，观察在文化产业发展基本情况不变的条件下（暂不考虑物价水平变化影响），全市 GDP 和文化产业增加值以及文化产业增加值占 GDP 比重在过去 10 年以及未来 10 年（2003-2023 年）的变化趋势（见图 4）。文化产业的发展使全市 GDP 呈现阶梯式增长，2003-2011 年上海 GDP 增长趋势平缓向上，2011 年之后的 4-5 年全市 GDP 进入平稳期，再之后 GDP 进入快速增长期。这与中国整体经济发展趋势较为一致，也是阶梯式增长。

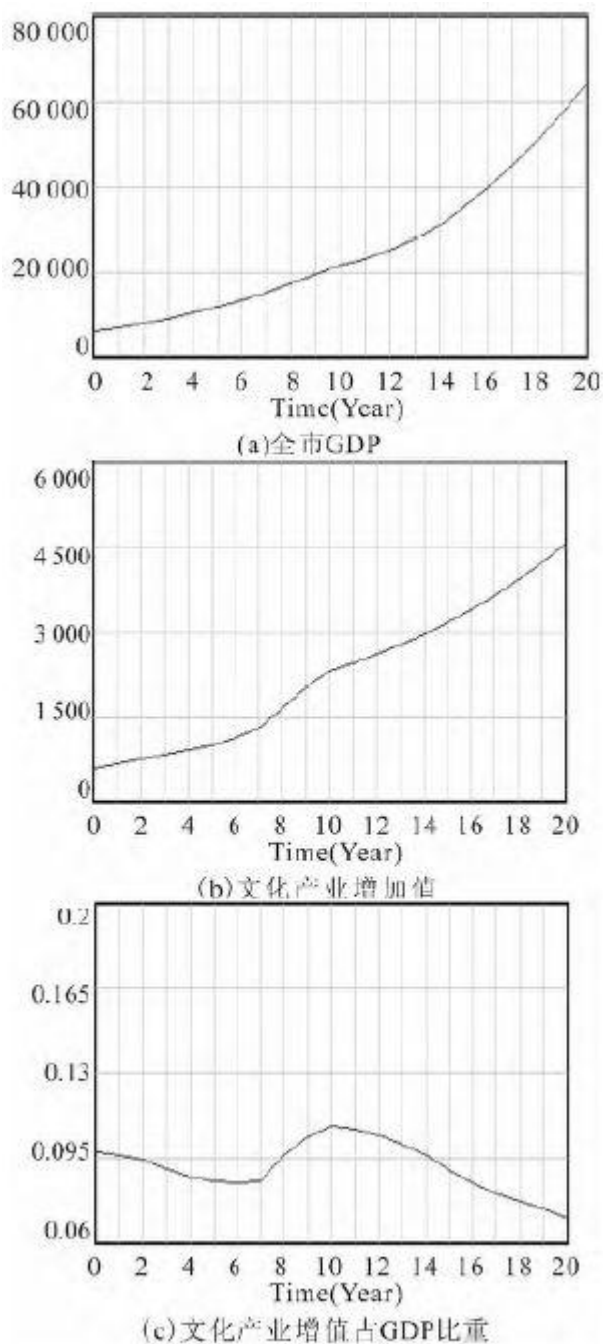


图4 文化产业SD模型趋势仿真

上海2003年制定了文化产业3年发展行动计划，并将文化服务业确定为上海发展现代服务业的新增长点，此后文化产业受到各方面关注。图4(b)中文化产业增加值前7年只是缓慢增长，经历逐步积累，2010年之后文化产业呈现跳跃式发展，爬上了高一级阶梯，4年之后增速再一次放缓，进入平稳上升阶段。整体来说，文化产业的发展趋势与全市GDP基本吻合，同样呈现阶梯式发展，并且每次阶段的拐角点几无差异。由于文化产业的放大效应，即文化产业的发展会带动其它产业同步发展，使地区经济得到进步，并且文化产业发展带来的GDP增加值（包含带动的其它产业增值）占全市GDP增加值比重也将有所提升。

### 3.3.2 政策模拟



系统动力学模型是一个政策实验室，通过模拟不同政策条件，反映代表现实情况的系统将产生何种结果。政策是指那些描述信息如何被用来决定行动的规律，由系统的结构与参数组成。作为仿真结构的 SD 模型，可以试验各类虚拟假设条件变化对系统行为后果的影响，从而为决策制定提供科学依据。本文从政府、科技、资金、社会几个方面出发，以政府引导、文化投入、科研支出、教育投入、小康标准、人口为变量，设计不同虚构政策，观察文化产业增加值占 GDP 比重的变化率，从而判断不同政策变动对文化产业创新生态系统的影响程度和趋势。

(1) 改变政府引导系数。在我国市场机制不完善和企业创新能力不足的状况下，政府对文化产业发展的引导和扶持是非常必要的，因此要充分发挥政府的引导作用，为文化产业的发展提供良好的政策环境和投资环境，引领文化产业发展[33]。本文中政府引导系数在模型反复校正过程中逼近较为理想的初始值 1.35，此处分别上下调动 0.15，观察文化产业增加值及其占 GDP 比重的变化情况（见图 5、图 6）。

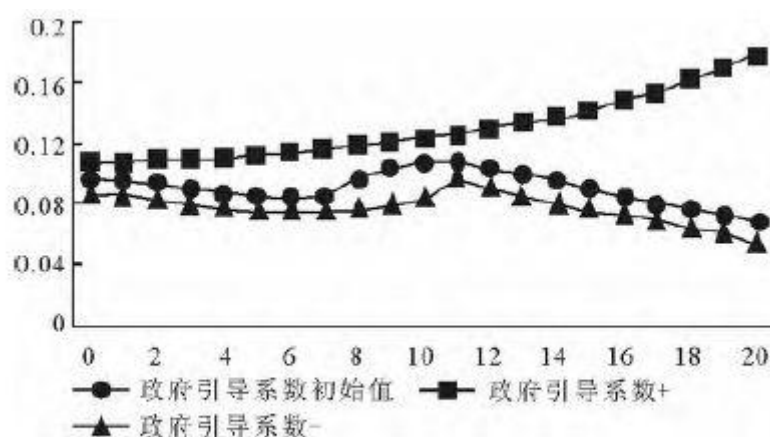


图 5 文化产业增加值占 GDP 比重随政府引导系数变化情况

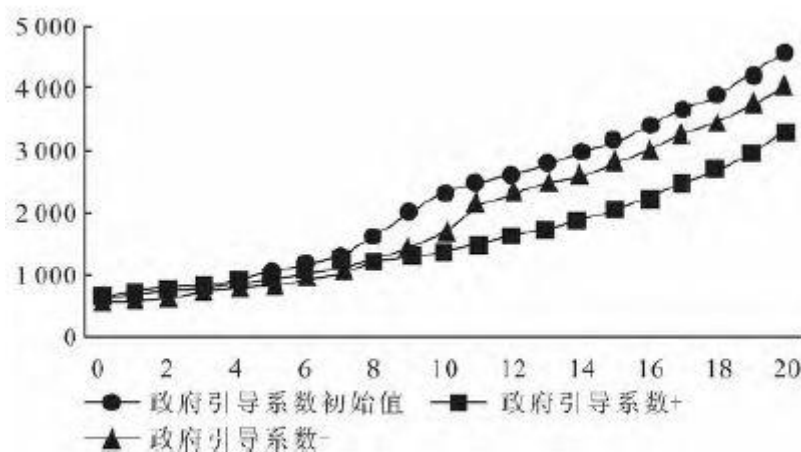


图 6 文化产业增加值随政府引导系数变化情况

### 3.2.2 模型仿真结果

运用 Vensim 软件对已建立的区域协同创新网络结构风险模型进行仿真，初始值为大连软件园的相关数据，输出变量为区域创新投入产出比、区域科技人员密度。

通过仿真得知，大连软件园区域创新投入产出比逐年增加，由 2012 年的 25(倍)左右，增加到 2022 年的 100(倍)，而增长率越来越小，随着年限的增加趋于定值。区域创新投入产出比越大，说明区域协同创新网络效率越高，网络风险越小，今后 10 年大连软件园基地所面临的结构风险越来越小，最后趋于稳定。区域科技人员密度从另一个角度补充说明了该区域协同创新网络的风险。仿真模拟图显示，区域科技人员密度随时间越来越小，由 2012 年的约 115 人/家减少到 2022 年的约 78 人/家，年均减幅不大。这一局面与该区域结构风险越来越小的趋势并不冲突，主要有两方面原因：首先，园区内企业数量增长迅速，区域科技人员的增长跟不上区域内企业增长，使区域科技人员密度降低；第二，区域科技人员密度缓慢减少而趋于一个固定值，说明该区域创新技术日趋成熟，对人才的需求量达到稳定。另外，创新合作平台增加，科研人才更加集约化也可能是造成这一局面的原因之一。

为了研究区域协同创新网络结构风险模型内 C 网内企业的合作程度、C 网与 A 网合作程度、C 网与 E 网合作程度 3 个常量对结构风险的影响，可以对模型进行敏锐分析。现设计 4 组调试组合，见表 1。

表 1 区域协同创新网络结构风险模型的调试组合

| 组合  | C 网与 E 网的合作程度                             | C 网内企业的合作程度                               | C 网与 A 网的合作程度                             |
|-----|---|---|---|
| (1) | current=1; run1=0.8<br>run2=1.2; run3=1.4 | 不变  | 不变  |
| (2) | 不变  | current=1; run1=1.2<br>run2=0.8; run3=0.6 | 不变  |
| (3) | 不变  | 不变  | current=1; run1=1.2<br>run2=0.8; run3=0.6 |

(1)C 网与 E 网的合作程度分别取 current=1、run1=0.8、run2=1.2、run3=1.4，其余网络合作程度均不发生变化。可以观察 C 网与 E 网的合作程度对区域创新投入产出比的影响，即对区域协同创新网络结构风险的影响。运行结果如图 3 所示。

从敏锐分析图 3 中可以看出，C 网与 E 网的合作程度对区域创新投入产出比的影响较为显著，而且 C 网与 E 网的合作程度越高，区域创新投入产出比越大，区域协同创新网络风险随之越小。C 网和 E 网合作程度高能够区域间创新资源自由流动，促进资源合理配置，减少区域锁定和知识锁定风险。在创新投入方面，C 网和 E 网间的公共创新平台建设有效节约了创新成本，如不同区域间合作建立研发实验室，可以依托两个区域的科研实力和资金力量，同时一定程度上节省了固定资产投入，使创新投入产出比倍增，避免了风险发生。需要注意的是，区域创新投入产出比不会随 C 网与 E 网合作程度的升高而无限度增大，由于本文中模型具有局限性，该模拟仿真只能反映一定范围内两者的关系。



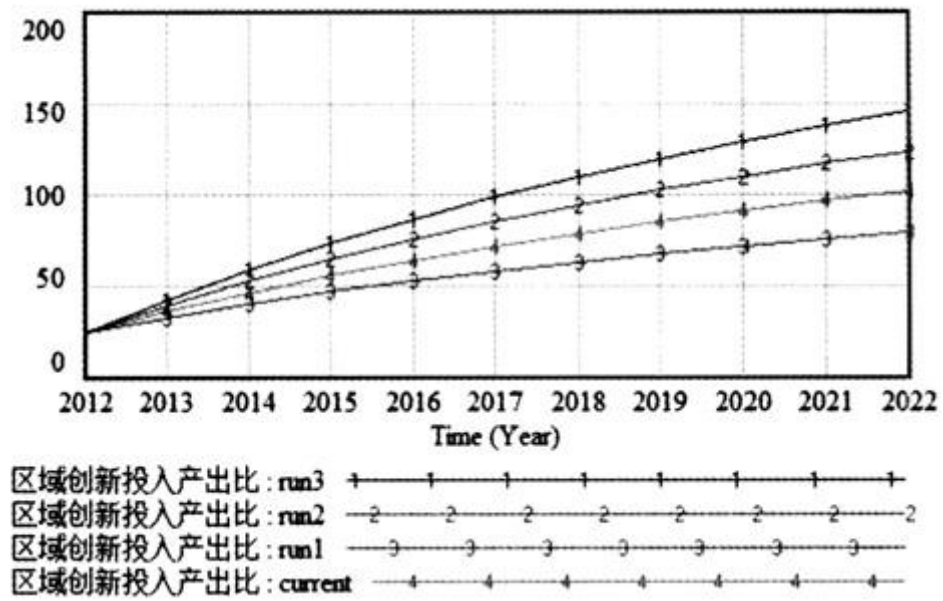


图3 C网与E网的合作程度对区域创新投入产出比的敏锐分析

(2)C网内企业的合作程度分别取  $current=1$ 、 $run1=1.2$ 、 $run2=0.8$ 、 $run3=0.6$ 。C网与E网的合作程度、C网与A网的合作程度均不发生变化。可以观察C网内企业的合作程度对区域创新投入产出比、区域科技人员密度的影响。

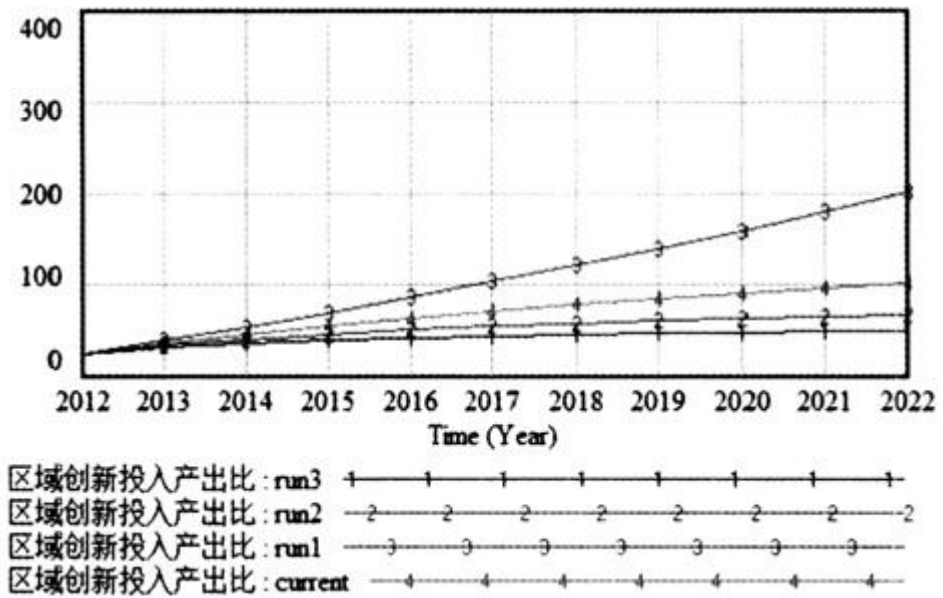


图4 C网内企业合作程度对区域创新投入产出比的敏锐分析

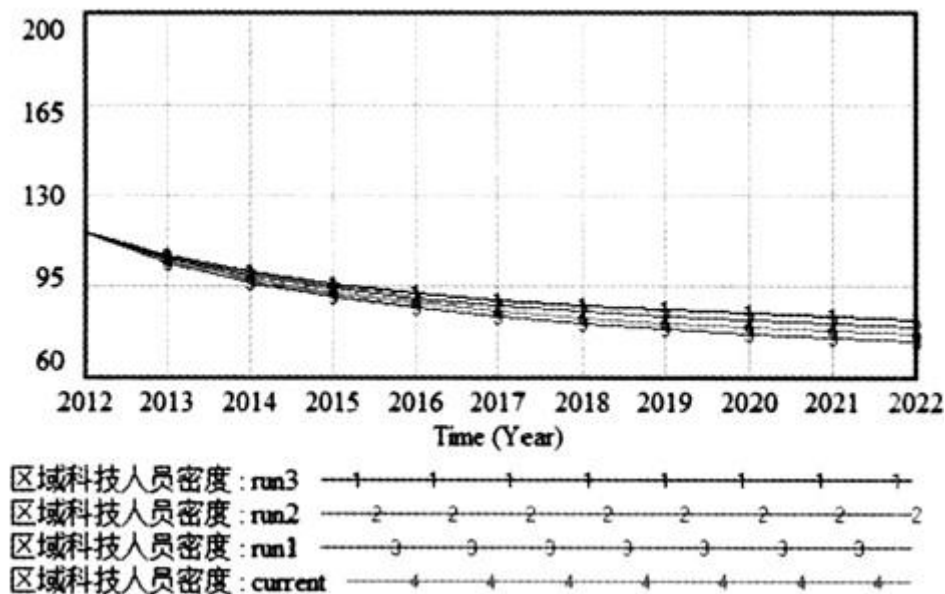


图5 C网内企业合作程度对区域科技人员密度的敏锐分析

从敏锐分析图4中可以看出，C网内企业的合作程度越大，区域创新投入产出比越大，区域协同创新网络的风险性越小。与前述不同的是，均匀调节C网内企业的合作程度对区域创新投入产出比的影响是不均匀的，当C网内企业合作程度大于1时，区域创新投入产出比的增长较快，当C网内企业合作程度小于1时，区域创新投入产出比下降较慢，说明C网内企业的合作程度对区域创新投入产出比的正效应更突出，加强C网内企业的合作程度对于降低区域协同创新网络的风险效果明显。

从敏锐分析图5中可以看出，C网内企业合作程度越高，区域科技人员密度越低，但降低幅度很小。主要原因可能有：第一，企业合作程度高，可以在一定程度上节省人力资源成本，具体表现为多个企业合作一项创新项目，可以从各个企业抽调科研人员组成创新项目组，共同开发项目，从而在区域创新投入产出比增大的情况下，区域科技人员的密度保持微低走势；第二，区域科技人员密度的降低很可能是因为区域协同创新网络正在逐渐衰退，但区域投入产出比对于风险具有时滞效应，C网内企业合作程度越高，越容易引发创新惰性等风险，导致区域协同创新网络创新技能减弱，科技人员流失。

(3)C网与A网的合作程度分别取current=1、run1=1.2、run2=0.8、run3=0.6。C网与E网的合作程度、C网内企业的合作程度均不发生变化。可以观察C网与A网合作程度对区域科技人员密度的影响，运行结果如图6所示。

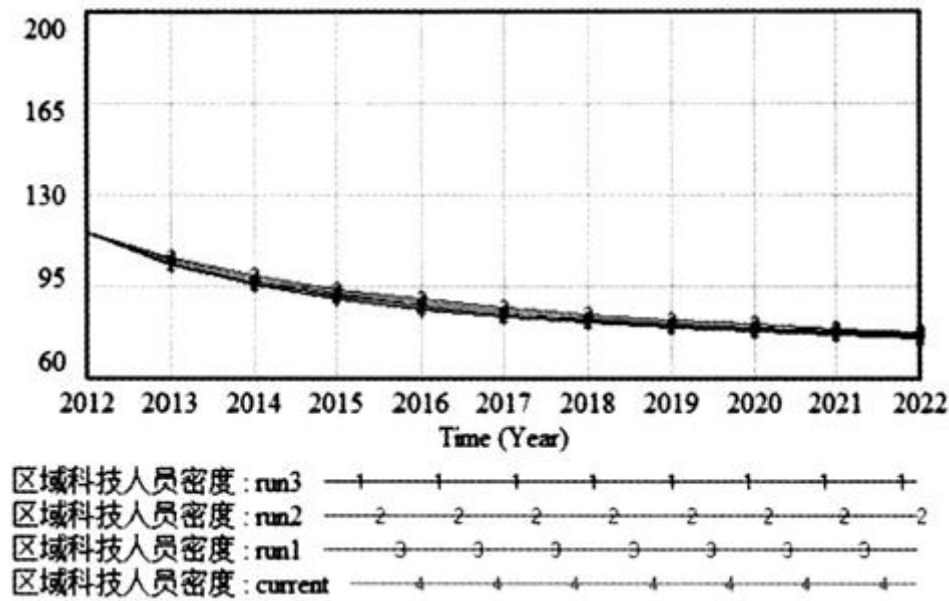


图6 C网与A网合作程度对区域科技人员密度的敏锐分析

从图6中可以看出，C网与A网合作程度越高，则区域科技人员密度越大，但影响程度非常小。C网与A网合作程度高，意味着辅助协同网络能为核心协同网络提供更实用的服务，其中包括改善区域生活环境、区域生活设施建设、区域引进优秀人才优惠条件、科技人员研发经费补贴等，这一系列政策都将促进该区域科技人员的聚集。结合图6可以看出，真正吸引科技人员从业的还是该区域的企业，所以C网络与A网络合作程度的高低对区域科技人员密度的影响有限。

## 4 结语

基于区域协同创新网络结构以及结构风险的形成过程分析，本文构建区域协同创新网络结构风险模型并进行仿真。得到如下主要结论：

(1)区域协同创新网络包括内部协同创新网络、辅助协同创新网路、外部协同创新网络3个子系统。区域协同创新网络结构风险应重点考虑4个方面，即核心协同网络的内部风险、辅助协同网络与核心协同网络的交互式风险、外部协同网络与核心协同网络的交互式风险、辅助协同网络与外部协同网络的交互式风险。

(2)通过区域协同创新网络结构风险SD模型的仿真模拟，可以看出：

第一，加强与外部协同网络的交流对于防控本区域协同创新网络的结构风险意义重大。从敏锐分析图可以看出，核心协同网络与外部协同网络的合作程度相对于其它变量对于该区域创新投入产出比的影响更大。反映到具体问题上，高新技术园区间的创新合作是易被忽视的环节，是风险易发缺口。因此，各高新技术园区应加强与同类型园区的合作。

第二，在一定范围内，核心协同网络内企业的合作程度对区域创新投入产出比的影响并不均衡，存在着正效应显著，但负效益不显著的现象。即增大核心网络内部企业的合作程度对降低区域协同创新网络的风险非常有效，但是单纯降低核心网络内部企业的合作程度也不会引起风险陡增。因此，在高新技术园区实际发展过程中，前期要侧重内部合作网络的建立，快速提升协同创新效率，后期当园区发展遇到瓶颈时，可以将内部网络建设暂时放缓，重点整合外部网络资源。

第三，增大核心协同网络内企业的合作程度比增大核心协同网络与辅助协同网络的合作程度对增加区域科技人员密度更为有效。因此，要提高区域人才比例，实现区域高层次人才聚集效应更要依赖于区域优秀企业以及企业间高效的创新合作，而非政府单纯倡导式、奖励式政策。

第四，区域科技人员密度降低不能简单归结为区域协同创新网络的结构风险加大。仿真模拟结果显示，在同一调试组合中，存在区域创新投入产出比增大而区域科技人员密度降低的现象。这与现实情况并不冲突，新创企业数量增多、创新合作平台活动活跃都可能导致这一现象。在之前的变量设计中也指明，区域创新投入产出比是反映区域协同创新网络结构风险的输出变量，而区域科技人员密度起到辅助说明作用，从侧面补充反映这一风险现象。

由于采用系统动力学定量分析创新风险的研究尚不多见，本文在撰写过程中某些处理方法可能存在不足：①在系统动力学公式设计环节，由于没有该领域可借鉴的相关公式，对拟合函数的选择可能过于单一，不能更真实地反映变量之间的关系。为了保证后期数据的可获得性，变量的选取有些依赖于年鉴中的题项，忽略了一些描述性变量的作用；②创新风险的难以量化直接限制了本文输出变量的选择。区域创新投入产出比以及区域科技人员密度虽在一定程度上能够反映区域协同创新网络的结构风险，但不全面。希望在今后研究中选择出更为全面、更为精确、能够反映风险的输出变量。

**基金项目：**国家自然科学基金项目(71173027、71073014)

#### **参考文献：**

- [1]王国红，梁晓燕，邢蕊. 区域协同创新网络的结构风险研究——以国内外生物医药基地的对比分析为例[J]. 当代经济管理, 2014, 36(7): 17-22.
- [2]PORTER M E. Clusters and the new economics of competition[D]. Harvard Business Review, 1998: 678-689.
- [3]TICHY G. A sketch of a probabilistic modification of the product—cycle hypotheses to explain the problems of old industrial areas[M]. International Economic Restructuring and the Regional Community Ed, 1987.
- [4]GRABBER G. The weakness of strong ties: the lock-in of regional development in the Ruthr Area[M]. London: Routledge, 2006.
- [5]吴晓波，耿帅. 区域集群自稳性风险成因分析[J]. 经济地理, 2003, 23(66): 726-730.
- [6]蔡宁，黄纯，孙文文. 集群风险自组织理论建构的探索式案例研究[J]. 中国工业经济, 2011(7): 54-64.
- [7]ADLER P, KWON S. Social capital prospect: anew concept[J]. Academy Management Review, 2002(27).
- [8]王建伟. 网络上的相继故障模型研究[D]. 大连：大连理工大学, 2010.
- [9]张延禄，杨乃定. R&D 网络相继传播模型构建及仿真[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(3): 724-731.
- [10]张慧，王文平. 网络结构与企业外包网络绩效研究[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(7): 83-87.
- [11]王发明，蔡宁，朱浩义. 基于网络结构视角的产业集群风险研究[J]. 科学学研究, 2006, 24(6): 885-889.

---

[12]WANG QIFAN. System dynamics[M]. Shanghai University of Finance and Economics Press, 2009.

[13]邢蕊, 王国红, 唐丽艳. 基于 SD 的区域产业集成创新支持体系研究[J]. 科研管理, 2013, 34(1): 19-27.

[14]ATHANASIOS HADJIMANOLIS. Barriers to innovation for SMEs in a small less developed country[J]. Technovation, 1999, 19(9): 561-570.

[15]解学梅. 中小企业协同创新网络与创新绩效的实证研究[J]. 管理科学学报, 2010, 13(8): 51-64.

[16]苏屹, 李柏洲. 大型企业原始创新支持体系的系统动力学研究[J]. 科学学研究, 2010, 28(1): 141-150.

### 作者简介:

王国红(1968—), 男, 辽宁抚顺人, 博士, 大连理工大学工商管理学院教授, 研究方向为技术经济及管理、创新与创业管理;

周建林(1987—), 男, 山东烟台人, 大连理工大学工商管理学院博士研究生, 研究方向为高技术产业集群、创新与创业管理;

梁晓燕(1988—), 女, 山东烟台人, 大连理工大学工商管理学院硕士研究生, 研究方向为高技术产业集群、创新与创业管理。