

# 基于多 Agent 模型的区域科技创新创业系统研究

戚湧<sup>1,2</sup> 周星<sup>1</sup> 王嘉雯<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (南京理工大学经济管理学院, 南京 210094) <sup>2</sup> (南京理工大学知识产权学院, 南京 210094)

〔摘要〕 大众创业、万众创新是新时代推动我国经济高质量发展的重要引擎, 本文基于复杂适应系统理论, 运用多 Agent 模型, 构建区域科技创新创业系统理论模型, 通过 Python 编程仿真, 分析系统实现路径和影响因素。研究发现: 区域科技创新创业是一个相互促进、相互融合的过程, 系统以产业需求为导向, 实现创新引领创业, 创业推动创新的良性循环。在此基础上, 分析人才、融资以及创新创业政策对区域科技创新创业系统的影响, 提出进一步推动区域科技创新创业的对策建议。

〔关键词〕 复杂适应系统 多 Agent 模型 区域科技创新创业 政策分析 仿真分析 产业技术水平

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2019.10.009

〔中图分类号〕 F207; F290 〔文献标识码〕 A

## 引言

我国大众创业、万众创新蓬勃兴起, 催生了数量众多的市场新生力量, 促进了观念更新、制度创新和生产经营管理方式的深刻变革, 有效提高了创新效率、缩短了创新路径, 成为稳定和扩大就业的重要支撑、推动新旧动能转换和结构转型升级的重要力量。2018 年国务院出台的《关于推动创新创业高质量发展打造“双创”升级版的意见》明确指出要打造更高质量的创新创业, 科技创新创业是以科技为核心的创新创业活动, 对推动高质量创新创业、促进经济增长具有重要意义。但是目前有关区域科技创新创业的概念界定不够深入和完善, 研究区域科技创新创业相互作用的机制, 分析区域科技创新创业的影响因素, 具有重要的学术价值和应用前景。

创新系统理论最早由 Freeman<sup>[1]</sup> 提出, 将创新系统定义为一个主权国家内的公共部门和私人部门中各种机构组成的网络, 这些机构的活动和相互作用促进了新技术和组织模式的开发、引进、改进和扩散, 并指出产业政策对促进日本创新起到重要作用。Cooke 等<sup>[2]</sup> 对巴登-符腾堡州区域

创新系统进行深入分析, 研究发现企业之间的合作创新网络、创新创业培训体系和基础创新的投资额度是区域创新系统的重要影响因素。Lau 等<sup>[3]</sup> 将区域创新系统分为区域创新计划、知识密集型业务服务和价值链信息源 3 个方面, 分别研究其对企业吸收能力的影响, 研究发现知识密集型业务服务对企业收购过程有显著影响, 价值链信息源对企业收购和同化均有显著影响, 区域创新计划对企业转型有显著影响。苏屹等<sup>[4]</sup> 借鉴 B-Z 反应, 构建区域创新系统协同演进模型。研究发现, 创新能力较强省份和创新能力较弱省份的区域创新系统的阈值趋于两极化, 创新能力较强省份的阈值部分极大, 部分极小。徐颖等<sup>[5]</sup> 基于企业创业生存-快速发展-成熟蜕变三阶段生命周期视角, 解析区域创新系统内裂变型创业企业的知识整合特征。在区域创新系统中, 裂变型创业企业知识域的形成需经历知识吸取、知识共享和知识转化 3 个过程, 齐亚伟等<sup>[6]</sup> 利用 GWR 模型分析物质资本集聚、人力资本集聚、能源足迹强度和环境影响水平等变量影响区域创新能力的空间分异规律。结果表明, 人力资本集聚、能源足迹强度和环

收稿日期: 2019-05-08

基金项目: 国家自然科学基金项目“战略性新兴产业创新要素有效供给研究”(项目编号: 71673135); 国家自然科学基金重大项目“基于专利分析的智能网联汽车技术创新网络治理研究”(项目编号: 719740960); 江苏省社会科学基金重大项目“江苏省聚力创新路径方法研究”(项目编号: 16ZD006)。

作者简介: 戚湧, 南京理工大学经济管理学院教授, 博士, 博士生导师, 南京理工大学知识产权学院常务副院长。研究方向: 创新管理。周星, 南京理工大学经济管理学院硕士研究生。研究方向: 创新管理。王嘉雯, 南京理工大学经济管理学院硕士研究生。研究方向: 创新管理。

规制水平对区域创新能力的影响强度存在较大的空间异质性。

有关区域创业的研究大多集中在创业影响因素研究方面。Modrego 等<sup>[7]</sup>构建区域创新创业匹配模型,研究发现创新支持政策与创业支持政策之间存在相互的协同作用。Fotopoulos 等<sup>[8]</sup>研究发现人力资本、移民、小企业和房屋所有权是影响区域创业水平的重要因素。Fritsch 等<sup>[9]</sup>研究发现区域创业文化是企业家精神持续存在的重要资源。李梅芳等<sup>[10]</sup>从三螺旋体系的螺旋间合作、网络关系、互补协同 3 个特征维度出发,以区域创业环境为中介变量,实证研究 3 个方面对区域创业水平的影响,结果表明螺旋间合作、网络关系、互补协同及创业环境与创业水平均具有显著的正向影响,区域创业环境与区域创业水平存在显著的正向关系。滕堂伟<sup>[11]</sup>认为企业家精神处于创业生态系统的核心地位,区域创业政策不应对相关创业指标厚此薄彼,而是要致力于生态系统框架创建与优化。王宏起等<sup>[12]</sup>根据双创的活动影响因素,将区域双创政策分为供给推动型政策、环境影响型政策和需求牵引型政策,分析 3 类政策对企业、高校和科研院所科技创新创业活动的作用。蔡莉等<sup>[13]</sup>研究发现经验学习和认知学习均对新企业绩效存在积极影响,机会识别和利用能力均对新企业绩效存在积极影响。

复杂适应系统理论<sup>[14]</sup> (Complex Adaptive Systems, CAS) 旨在研究复杂系统中各组成部分之间相互作用所涌现出的特征、规律及其复杂性,着重揭示系统的演化、混沌、自适应等内在机理,最终提高整个系统的能力。多 Agent (Multi-Agent System, “MAS”) 作为人工智能的研究领域之一,主要研究多个 Agent 针对目标问题协作进行求解,被认为是解决具有动态性、自主性等特性的复杂信息系统的有效手段<sup>[15]</sup>。随着复杂适应系统理论和人工智能的兴起, MAS 在各个领域得到广泛应用。Ahrweiler<sup>[16]</sup>利用 MAS 建立知识密集型产业创新网络模型,结果表明:大学与产业之间的联系改善了创新传播的条件,加强了创新网络中的合作安排。刘伟等<sup>[17]</sup>针对小型农机,运用多 Agent 建模方法建立农户和农机厂商主体的行为模型,并给出政府主体行为下农户支付函数,

通过农户主体行为动作模拟,分析不同政策补贴因素对农机扩散影响的动态过程。

综上所述,国内外学者对区域科技创新和创业活动进行了多维度的研究分析,但目前对科技创新与科技创业相互作用的理论研究较少,本文基于复杂适应系统理论和多 Agent 模型,研究区域科技创新创业运行机制,构建区域科技创新创业的理论模型,为进一步深入推动区域科技创新创业、培育发展经济新动能提供参考。

## 1 区域科技创新创业系统架构

### 1.1 区域科技创新创业系统理论

区域科技创新创业是一种多元主体交互、资源要素相互作用的复杂系统。基于上述文献研究,本文认为区域科技创新创业的主体分为高校院所、创新创业中介服务机构、创业企业、地方政府和金融机构 5 类。(1) 高校院所:是知识创新和技术创新的主体,实现从 0~1 的突破,为科技创新创业提供创业培训、技术服务等各方面的支持;(2) 创新创业中介服务机构:是整合行业内的创新创业资源、构建高效协作创新创业系统网络的重要载体,为创业企业提供先进适用的产业技术、投资孵化等服务;(3) 创业企业:根据生命周期理论,一个企业的发展主要经历初创、成长、成熟和衰退 4 个阶段,为简化分析,本文只考虑初创企业和成熟企业两类。初创企业是区域科技创新创业活动的重要主体,推动创新成果的落地转化,实现从 1~10 的突破,主要为科技创新创业提供创业人员、创业管理、新产品等各方面支持;成熟企业是产业发展的重要动力,实现从 10~100 的突破,为科技创新创业活动提供创业人员,同时为提升自身技术能力,与科技创新创业中介服务机构合作创新;(4) 地方政府:负责为科技创新创业提供良好的市场环境,建立合理的创新创业激励制度,同时对创业企业提供一定的政策扶持;(5) 金融机构:泛指为创业企业提供金融支持的组织,具体提供风险投资、天使投资、贷款融资等服务,各主体及其功能如表 1 所示。

在上述分析的基础上,本文基于 CAS 理论,构建区域科技创新创业系统,如图 1 所示。区域科技创新创业是区域内各主体围绕科技创新创业活动形成的复杂的相互作用组织网络,区域科技

表 1 区域科技创新创业主体及功能

主体名称	主体功能
高校院所	知识创新、技术创新、科研人员、创业培训
创新创业中介服务机构	产业技术、投资孵化、推动成果产业化
初创企业	创业人员、创业管理、新产品、新技术、新模式
成熟企业	科研人员、合作创新、推动产业发展
地方政府	创新创业环境、创新创业政策、创新创业激励
金融机构	风险投资、天使投资、贷款融资

创新创业活动并非创新与创业的简单叠加，而是技术创新、知识创新和产品创新等在政府、创新创业中介服务机构、金融机构等外部环境多种因素交互作用下形成的复杂创新网络。高校院所是知识创新和技术创新的重要主体，能够完成“领跑”技术的突破，同时开设相关创业培训，为创业活动提供技术储备和人才储备。在高校院所创新的基础上，政府进一步营造创新创业氛围，建设创新创业中介服务机构，同时对创业者提供一

定政策优惠。创新创业中介服务机构推动产业链、创新链、资金链和政策链深度融合，打造“政产学研资”紧密合作的创新生态。科技企业是创业活动的重要主体，在政府、高校院所、金融机构和创新创业中介服务机构多方主体的作用下，将技术成果市场化、商业化，创造新产品，获得收益，进一步促进创新，帮助创业企业跨过死亡峡谷，成长为成熟企业，推动社会就业和经济增长。

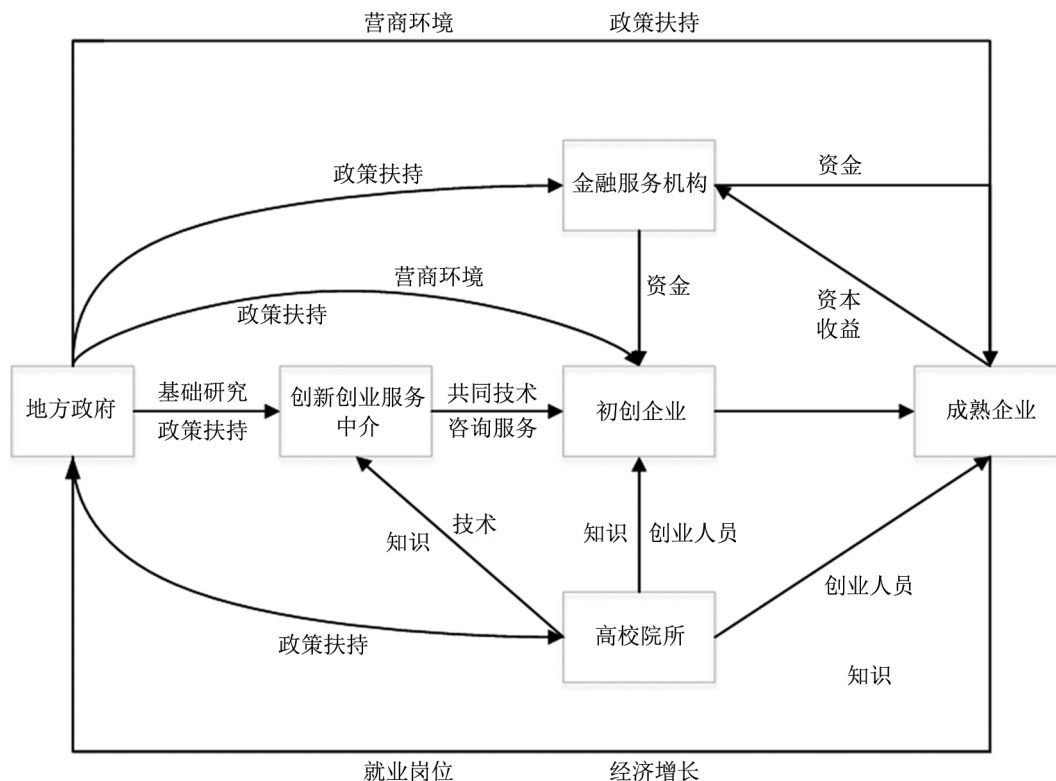


图 1 区域科技创新创业系统

## 1.2 区域科技创新创业系统模型构建

### 1.2.1 模型假定

本文共涉及高校院所、创新创业中介服务机构、创业企业、地方政府和金融机构 5 类 Agent，为简化模型，本文对模型主体作如下假定：

(1) 高校院所是知识创新和技术创新的主要

来源，其主要属性包括：①技术能力  $T_i^U$ ，其中  $i$  代表第  $i$  所高校院所，技术能力在一定范围内服从均匀分布（下同）；②知识能力  $k_i^U$ ；③管理能力  $M_i^U$ ；④科研人员数量  $R_i^U$ ；⑤科研人员离岗创业率  $p^U$ （为简化分析，本文假定高校院所科研人员离岗率是相同的）；⑥知识和技术水平提升，

高校院所的知识和技术水平按照一定的规律增长, 在本文中假定每经过一个仿真周期, 高校院所的知识能力和技术能力就会增长 1 个单位。

(2) 创新创业中介服务机构是贯穿创新创业的重要载体, 其主要能力体现在为技术成果的产业化提供一定支持, 其次为创业提供资金、技术的帮助, 故其主要属性包括: ①资金能力  $C_i^f$ ; ②技术能力  $T_i^f$ 。

(3) 创业企业是科技创新创业活动的重要实践者, 本文假定创业者均来自高校院所和现有科技企业的离岗科研人员, 故其将继承所在机构的部分知识、技术以及管理能力, 其主要属性包括: ①技术能力  $T_i^E$ ; ②知识能力  $k_i^E$ ; ③管理能力  $M_i^E$ 。

(4) 地方政府为科技创新创业活动提供重要的政策环境, 同时也是科技创业者的融资渠道之

一。其主要属性为资金能力  $C^C$ 。

(5) 金融机构为科技创新创业活动提供融资服务, 在本文中金融机构根据科技创业者的知识、技术、管理能力按照一定规则提供投资, 其主要属性为资金能力  $C_i^f$ 。

(6) 成熟企业是初创企业进一步发展的方向, 某个产业内成熟企业的数量影响着创业成功的概率, 其主要属性包括: ①资金能力  $C_i^{MC}$ ; ②技术能力  $T_i^{MC}$ ; ③知识能力  $k_i^{MC}$ ; ④管理能力  $M_i^{MC}$ ; ⑤科研人员数量  $R_i^{MC}$ ; ⑥科研人员离岗创业率  $p^{MC}$ 。

### 1.2.2 模型构建

根据区域科技创新创业的流程, 具体如图 2 所示, 结合各类 Agent 主体的属性, 构建如下 Agent 交互规则。

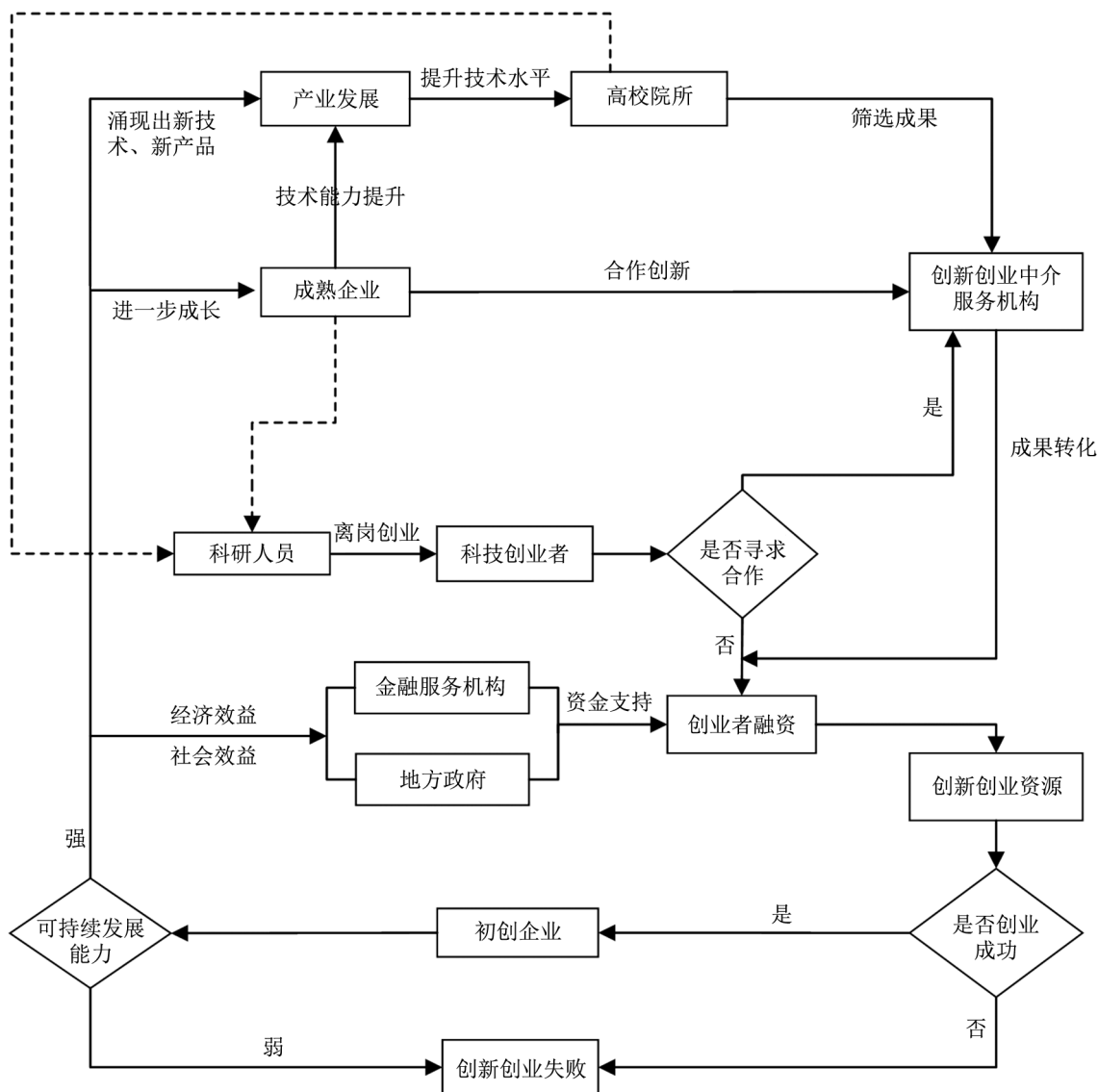


图 2 区域科技创新创业规则

(1) 产业发展需求决策。模型从产业发展需求开始, 由于高校院所是创新的源泉, 当产业需要进一步发展时, 会通过设立项目和基金等方式对高校院所提出新技术需求, 高校院所会对自身所拥有的成果进行筛选, 成果高于高校院所内成果转化均值的视为有市场价值, 本文对高校院所的技术和知识能力进行判断, 当高校院所技术能力与知识能力之积不低于整个高校院所的平均值时, 高校院所会寻求创新创业中介服务机构进行合作, 推动成果转化。即  $k_i^U T_i^U \geq \sum_{i=1}^n K_i^U \sum_{i=1}^n T_i^U / n^2$ 。

(2) 成熟企业合作创新决策。成熟企业为提升自身知识和技术能力, 会决定是否与创新创业中介服务机构合作创新, 具体条件为: 当成熟企业自身知识能力和技术能力均小于同行业平均值时, 会选择进行合作。即  $T_i^{MC} \leq \sum_{i=1}^n \frac{T_i^{MC}}{n}$  且  $k_i^{MC} \leq \sum_{i=1}^n \frac{k_i^{MC}}{n}$ 。

(3) 科研人员离岗创业决策。本文假定只考虑高校院所和企业离岗创业人员, 离岗创业科研人员会继承所在机构的部分知识能力、技术能力和管理能力, 假定该继承率服从随机分布, 根据现有研究, 本文假定高校院所科研人员离岗创业率为 5%, 企业科研人员离岗创业率为 8%。

$$P_i^{E_t} = \frac{(C_i^{E_t} - \min C_i^{E_t})(T_i^{E_t} - \min V)(K_i^{E_t} - \min K_i^{E_t})(M_i^{E_t} - \min M_i^{E_t})}{(\max C_i^{E_t} - \min C_i^{E_t})(\max T_i^{E_t} - \min V)(\max K_i^{E_t} - \min K_i^{E_t}) \max(M_i^{E_t} - \min M_i^{E_t})} \quad (2)$$

$P_i^{E_t}$  越趋近于 1, 则创业成功的概率越大, 同时由于产业内现有成熟企业的竞争, 成熟企业越多, 则创业越困难, 故创业成功的条件如下:

$$P_i^{E_t} > 1 - \frac{1}{\log_{10} N} \quad (3)$$

其中  $N$  代表行业成熟企业的数量。

(7) 企业可持续发展决策。假定企业成立后其知识、技术和管理能力不变, 初创企业能否继续存活下去, 持续获得利润并成长为成熟企业, 关键在于其能否将创新成果商品化, 通过不断地将知识、技术转化为新产品而获取利润。本文假定当初创企业创新产品时即可获得利润, 采用规模报酬不变的柯布-道格拉斯生产函数衡量企业可持续发展能力, 即当  $K_i^{E_t} T_i^{E_t} (C_i^{E_t} M_i^{E_t})^{0.5}$  达到一定

(4) 科技创业者合作决策。科技创业者可以自行决定是否与科技服务中介进行合作, 获得更多的创新创业资源, 每当科技创业者与一个科技服务中介达成协议, 科技创业者分别获得 0.5 单位的资金、技术以及管理水平的提升, 即  $X = X + 0.5 * m$  (其中  $X$  代表资金、技术和管理能力,  $m$  为与企业达成合作协议的科技服务中介数量)。

(5) 科技创业者融资决策。科技创业者融资主要来源于两个方面: ①地方政府创业政策的扶持资金, 本文假定创业者向政府申请资金资助时, 均可获得 10 单位创业基金; ②金融服务机构提供的天使投资、风险投资等, 金融服务机构会根据创业者的知识能力、技术能力以及管理能力决定提供资金的额度, 具体规则如下所示:

$$C_i^{F_t} = 10 * \left( \frac{T_i^{E_t}}{\sum_{i=1}^n T_i^{E_t}} + \frac{K_i^{E_t}}{\sum_{i=1}^n K_i^{E_t}} + \frac{M_i^{E_t}}{\sum_{i=1}^n M_i^{E_t}} \right) \quad (1)$$

(6) 创业企业成立决策。在区域科技创新创业系统中, 创业者创立企业主要受以下因素影响: ①创业者的自身能力水平即知识能力、技术能力以及管理能力; ②创业过程中的融资规模。假定在  $t$  时刻某创业者创业成功的概率为  $P_i^{E_t}$ , 拥有的创业资金为  $C_i^{E_t}$ , 则  $C_i^{F_t} = C_i^{E_t} + 10$ , 根据创新主体的技术知识库模型<sup>[21]</sup>, 主体  $i$  在  $t$  时刻创业成功的概率如下所示:

门槛值时, 视为企业可持续发展能力较强, 同时由于初创企业数量的不断增加, 竞争更加激烈, 初创企业获取利润更加困难, 则初创企业可持续发展的条件为:

$$\frac{K_i^{E_t} T_i^{E_t} (C_i^{E_t} M_i^{E_t})^{0.5}}{M} > \sqrt[4]{C_i^{E_t} T_i^{E_t} K_i^{E_t} M_i^{E_t}} \quad (4)$$

只有当初创企业满足上述条件时, 才有可能获得利润, 给社会带来经济效益和社会效益, 推动产业进一步发展, 即视为科技创新创业的成功。

## 2 区域科技创新创业系统仿真分析

### 2.1 初始参数设置

为更好地分析区域科技创新创业系统, 本文采用 Python 编程进行仿真分析, 各参数的初始值如表 2 所示。

表 2 初始参数仿真值

参数名称	初始值	参数名称	初始值
成熟企业的数量	50	高校院所科研人员离岗创业率(%)	5
成熟企业资金能力	20~100	高校院所科研人员数量	100~200
成熟企业知识能力	1~8	地方政府提供创业基金额	10
成熟企业技术能力	1~8	地方政府数量	1
成熟企业管理能力	5~15	金融服务机构数	10
成熟企业科研人员离岗创业率(%)	8	金融服务机构初始资金	200
成熟企业科研人员数量	10~20	科技服务中介数	1
高校院所数量	10	高校院所每个周期知识能力增长率(%)	10
高校院所知识能力	5~20	高校院所每个周期技术能力增长率(%)	10
高校院所技术能力	5~20	金融服务机构资金增长率(%)	5
高校院所管理能力	1~8	仿真周期长度	100

具体仿真结果如图 3 所示, 总体来看, 成熟企业数呈稳步上升趋势, 成熟企业数大约在 300 左右趋于稳定, 初创企业总数达 3180 家, 表明随着产业的不断发展, 技术水平不断提升, 会进一步促进创新创业, 创新引领创业, 创业推动创新, 从而推动整个产业的发展与进步。具体来看, 在创业初期, 初创企业数和成熟企业数呈现爆发式增长, 在第 20 个周期成熟企业数达到 196 家, 主要由于初期产业内需求大于供给, 企业竞争压力较小, 可以较为容易地集聚创新创业资源, 实现可持续发展。随着产业的不断进步, 在创业后期, 整个产业内成熟企业和初创企业数量增加, 获得创新创业资源更加困难, 因此成熟企业增长速率减缓, 最终逐渐趋于平稳。

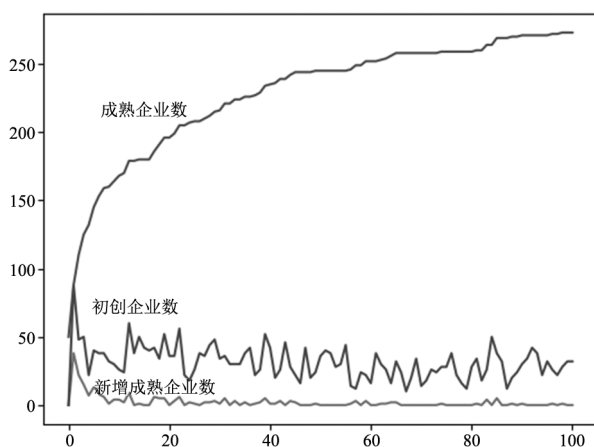


图 3 区域科技创新创业系统运行结果

从创新和创业关系角度来看, 初创企业更多的代表创业, 但想要成长为成熟企业, 需要更多

的和产业创新合作, 创新新产品, 将高校院所成果市场化、商品化, 获取利润实现可持续发展。利用每个周期的初创企业数和新增成熟企业数可以计算出企业的存活率为 5.8%, 表明我国虽然创业能力较强, 但企业存活率有待提升。

## 2.2 政策影响因素分析

为进一步考察区域科技创新创业系统的影响因素, 本文基于上述分析, 根据国家出台的相关创新创业政策, 将已有政策分为人才政策、融资政策和创新创业环境政策 3 类, 依据不同的政策类型, 通过仿真模拟进一步对比分析, 提高区域科技创新创业水平。

### (1) 人才政策影响分析

①大力引进科研人员, 提高创新创业人员基数, 高校院所科研人员数量服从[150, 250]随机分布, 成熟企业的科研人员数量服从[20, 30]的随机分布, 先不考虑人才发挥的作用, 运行结果如图 4(a)所示。曲线整体趋势并未发生改变, 成熟企业依然在 300 家左右趋于稳定, 但达到稳定的速率变快, 在第 20 个仿真周期, 成熟企业达到 228 家, 仅对达到稳定状态的速率产生影响, 初创企业总数上升至 3424 家, 但总体影响并不显著。

②在此基础上, 本文认为由于科研人员数量的增加, 高校院所的知识能力和技术能力均得到提升, 服从[10, 25]的随机分布, 同理, 成熟企业的知识和技术能力得到相应提升, 服从[3, 10]

的随机分布,运行结果如图 4(b)所示。曲线虽然整体趋势并未改变,但稳定状态由 300 上升至 450 家,并且初创企业和成熟企业的增长速度也大幅提升,成熟企业在第 20 个周期达到 305 家,初创企业存活率上升至 7%,这表明充分发挥人才的作用比引才对区域科技创新影响更大。

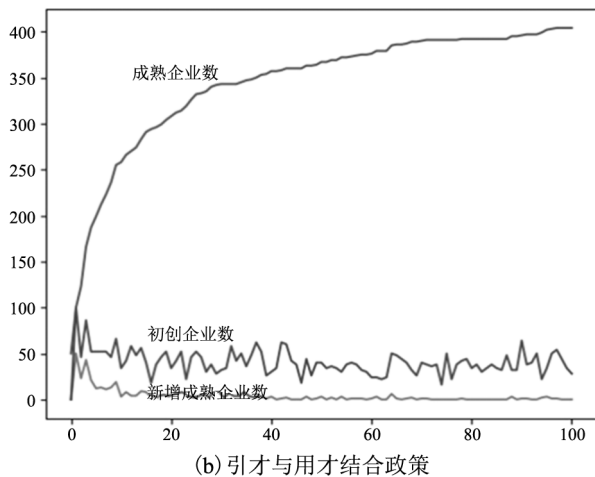
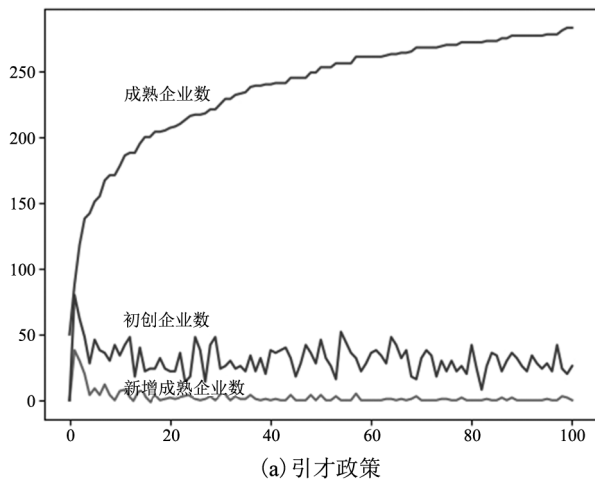


图 4 人才政策影响分析

### (2) 融资政策影响分析

①提高政府创业基金数量。政府通过增加创业基金数量,创业基金由 10 变为 100,运行结果如图 5(a)所示,可以发现曲线基本未发生改变,对成熟企业数未产生较大影响,但初创企业数上升至 3880 家,初创企业存活率约为 5.4%,其主要原因是政府对所有企业均提供相同支持,并未考虑企业的资质能力、是否具有创新性、是否能够产生收入等情况。当资金在一定范围内,该政策能对创业产生一定作用,但不能影响企业创新。

②大力扶持风险投资机构。政府大力引进社会资本,通过对每个金融服务机构给予 100 单位的资金支持,增加金融机构数量,此时金融机构

数量增加至 10 个,初始资金增加至 300,运行结果如图 5(b)所示,初创企业数上升至 3610 家,与方式一相比减少,但企业存活率上升至 6.5%,主要由于金融服务机构对投资要求更为严格,会实行资质审核,因此存活率得到提升。

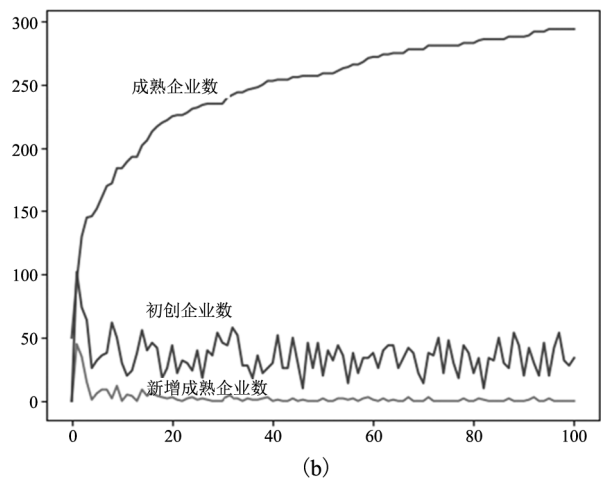
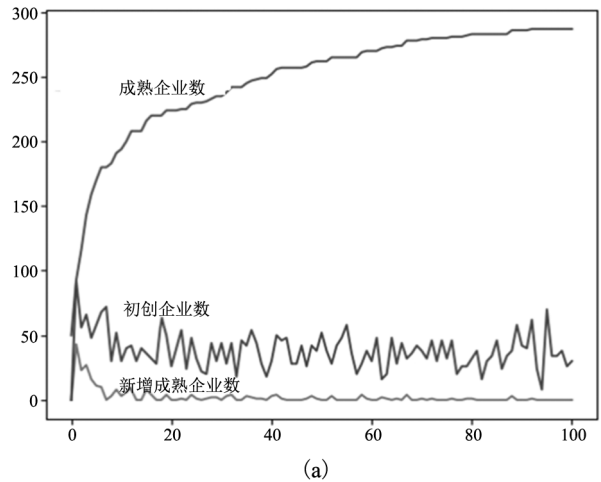


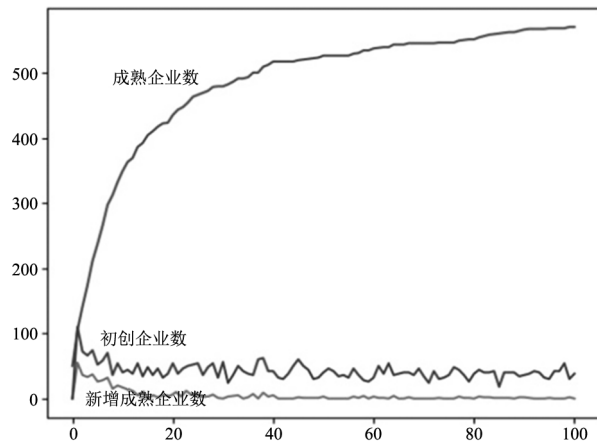
图 5 融资政策影响分析

### (3) 创新创业环境政策影响分析

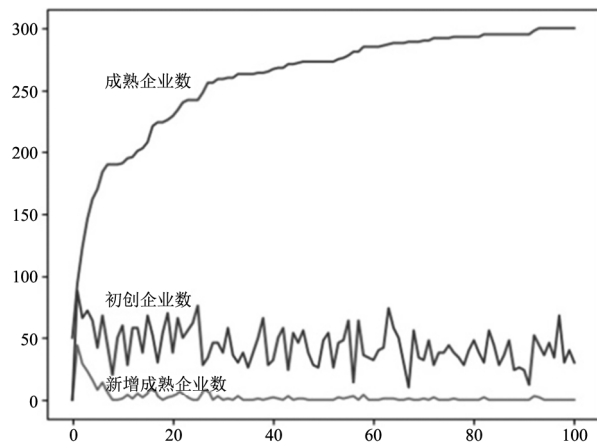
①提高产业基础创新能力。此时高校院所技术和知识能力得到提升,服从 $[20, 30]$ 的随机分布;成熟企业的技术和知识能力均有所提升,服从 $[4, 12]$ 的随机分布。运行结果如图 6(a)所示,由于技术水平和知识能力得到提升,趋于稳定时成熟企业上升至 550 左右,同时增长速率也大幅提升,在第 20 个仿真周期,成熟企业达 414 家。初创企业总数上升至 4276 家,初创企业存活率上升至 9.8%,表明产业技术的进步才是推动区域科技创新创业的重要影响因素。

②鼓励科研人员离岗创业。此时高校院所离岗创业率上升至 8%,成熟企业离岗创业率上升至 10%。运行结果如图 6(b)所示,可以看出每期

初创企业数大幅度增加,在最后累计初创企业数达4424家,但初创企业存活率却降低至4.9%,其主要原因在于初创企业数虽然大幅增加,但其创新能力并未得到改善,可持续发展能力较弱,因此无法成长为成熟企业。



(a) 提高产业基础创新能力



(b) 鼓励科研人员离岗创业

图6 创新创业环境政策影响分析

### 3 结论与建议

本文基于复杂适应系统理论,通过多Agent模型构建区域科技创新创业的系统模型,基于Python进行编程仿真分析,研究结论如下:

(1) 科技创新创业是一个相互促进、相互融合的过程。以产业发展的技术需求为导向,通过高校院所等主体实现原始创新,以创新创业中介服务机构为平台推动原始创新的成果化,集聚创新创业资源,对接科技创业人员,在科技创业中创新产品,获取利润,增强初创企业可持续发展能力,成长为成熟企业,进一步推动产业发展,实现创新引领创业、创业推动创新的良性循环。

(2) 科技创新创业是一个长期趋于稳定的过程。在创业初期,初创企业数和成熟企业数呈现

爆发式增长,随后逐渐趋于稳定;在创业后期,由于整个产业内成熟企业和初创企业数量的增加,获得创新创业资源更加困难,因此成熟企业增长速率减缓,最终逐渐趋于平稳。

(3) 政府介入能够更好地推动科技创新创业。具体来说,在引才用才方面应注重引才与用才相结合,充分发挥人才效能,才能更好地推动科技创新创业;在融资服务方面则应遵循市场规律,构建政府引导+市场运行的新模式,注重补贴政策的差异性,才能更好地激发科技创新创业积极性,提高创业企业存活率;在营造创新创业环境方面则应更多地关注整个系统技术和知识的提升,重视原始创新、加强产品创新,将创新与创业相融合,才能更好地推动区域经济发展。

基于上述研究结论,本文提出如下建议:(1) 充分发挥我国科技人力资源优势。我国科技人力资源丰富,每年新增科技人力资源数量居于全球首位,学历层次不断提升,我国应进一步改革科研管理体制,赋予科研人员更多自主权,充分发挥科技人员的积极性,鼓励科研院所和科研人员进入企业,实现高质量创新创业,将科技人力资源优势转化为发展优势;(2) 提升产业技术创新能力。从区域科技创新创业源头抓起,重视源头创新,加强基础研究,以产业发展需求为导向,将区域内科技创新创业与产业发展相结合,优先倾向地区内的特色产业、新兴产业,构建区域内重点产业共性技术研发联盟,打造国家级产业创新中心,大力提升产业技术水平;(3) 营造良好创新创业环境。各省市以区域内优质企业为牵头主体,发起并集聚区域内优质科技孵化器、高校、科研院所和风投机构等各类专业机构,建立创新创业联合体,以政府基金为引导,着力撬动社会资本,打造区域科技创新创业完整服务链。

#### 参考文献

[1] Freeman C. Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan [M]. Frances Printer. London, 1987: 33~45.  
[2] Cooke P, Morgan K. The Regional Innovation System in Baden-Wurttemberg [J]. International Journal of Technology Management, 2014, 9 (3-4): 394~429.  
[3] Lau A K W, Lo W. Regional Innovation System, Absorptive Capacity and Innovation Performance: An Empirical Study [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2015, 92: 99~

- 114.
- [4] 苏屹, 姜雪松, 雷家骥, 等. 区域创新系统协同演进研究 [J]. 中国软科学, 2016, (3): 44~61.
- [5] 徐颖, 姜思博, 徐世莹. 区域创新系统中裂变型创业企业知识整合模式研究 [J]. 图书情报工作, 2017, 61 (17): 36~42.
- [6] 齐亚伟, 陶长琪. 环境约束下要素集聚对区域创新能力的影响——基于GWR模型的实证分析 [J]. 科研管理, 2014, 35 (9): 17~24.
- [7] Modrego F, Mccann P, Foster W E, et al. Regional Entrepreneurship and Innovation in Chile: A Knowledge Matching Approach [J]. Small Business Economics, 2015, 44 (3): 685~703.
- [8] Fotopoulos G, Storey D J. Public Policies to Enhance Regional Entrepreneurship: Another Programme Failing to Deliver? [J]. Small Business Economics, 2018, (4): 1~21.
- [9] Fritsch M, Wyrwich M. The Effect of Entrepreneurship on Economic Development—An Empirical Analysis Using Regional Entrepreneurship Culture [J]. Journal of Economic Geography, 2017, 17 (1): 49.
- [10] 李梅芳, 王俊, 王彦彪, 等. 大学-产业-政府三螺旋体系与区域创业——关联及区域差异 [J]. 科学学研究, 2016, 34 (8): 1211~1222.
- [11] 滕堂伟. 创业生态系统研究的知识基础与前沿重点 [J]. 管理世界, 2017, (9): 184~185.
- [12] 王宏起, 李婧媛. 区域双创政策对科技创新创业活动的影响机理 [J]. 科技进步与对策, 2017, 34 (18): 36~41.
- [13] 蔡莉, 汤淑琴, 马艳丽, 等. 创业学习、创业能力与新企业绩效的关系研究 [J]. 科学学研究, 2014, 32 (8): 1189~1197.
- [14] 许小艳, 李华晶. 基于复杂适应系统理论的创业机会识别与开发过程研究——以桑德集团为例 [J]. 中国科技论坛, 2017, (2): 178~185.
- [15] 侯富, 毛新军, 吴伟. 一种基于多Agent系统的云服务自组织管理方法 [J]. 软件学报, 2015, 26 (4): 835~848.
- [16] Ahrweiler P, Pyka A, Gilbert N. A New Model for University-Industry Links in Knowledge-Based Economies [J]. Journal of Product Innovation Management, 2011, 28 (2): 218~235.
- [17] 刘伟, 童洪志, 丁卡尼. BOP战略背景下影响农机扩散的政府补贴因素分析——基于多Agent建模的仿真研究 [J]. 管理评论, 2017, 29 (7): 200~212.

## Research on Regional Technology Innovation and Entrepreneurship System Based on Multi-Agent Model

Qi Yong<sup>1,2</sup> Zhou Xing<sup>1</sup> Wang Jiawen<sup>1</sup>

(1. School of Economic & Management, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China;

2. School of Intellectual Property, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

[Abstract] Mass entrepreneurship and innovation are important engines for promoting the high-quality development of China's economy in the new era. Based on the theory of complex adaptive systems, this paper uses the multi-agent model to construct a theoretical model of regional science and technology innovation and entrepreneurship system, analyzes the system realization path and influence through python programming simulation factor. The study finds that regional science and technology innovation and entrepreneurship is a process of mutual promotion and integration. The system is oriented to the needs of the industry, achieving a virtuous cycle of innovation leading the entrepreneurship and entrepreneurship promoting innovation. On this basis, the paper analyzes the impact of talents, financing and innovation and entrepreneurship policies on regional science and technology innovation and entrepreneurship systems, and proposes countermeasures to further promote regional science and technology innovation and entrepreneurship.

[Key words] complex adaptive system; multi-agent model; regional s technology innovation and entrepreneurship; policy analysis; simulation analysis; industrial technology level

(责任编辑: 王平)