

# 汽车产业创新生态系统仿真与影响因素分析

宋燕飞, 尤建新<sup>1</sup>, 栾强<sup>2</sup>

(1. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200052)

**摘要:** 基于创新生态系统和系统动力学理论, 构建汽车产业创新生态系统模型, 运用 Vensim PLE 软件进行优化仿真分析, 以上海汽车产业为例, 探析政府引导、研发支出、产业投入等变量在一定幅度内不同作用水平情况下汽车产业创新生态系统发展趋势。研究发现, 三项指标作用强度依次为研发支出比重、产业投入比重、政府引导系数; 产业发展初期, 随着政府引导增减产业发展变化较为敏感, 过度的政策引导会产生负面影响; 随着市场机制的逐渐完善, 治理要素的影响作用逐渐减弱。

**关键词:** 汽车制造业; 系统动力学; 创新生态系统; 仿真

**中图分类号:** F272.5

**文献标志码:** A

## Simulation and Influencing Factors Analysis of Automotive Industry Innovation Ecosystem

SONG Yanfei<sup>1</sup>, YOU Jianxin<sup>1</sup>, LUAN Qiang<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Antai College of Economics & Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200052, China)

**Abstract:** Based on the theory of innovation ecosystem and system dynamics, this paper constructs the model of automotive industry innovation ecosystem. Using the Vensim PLE to optimize the model, with Shanghai automotive industry for example, this paper analyzes the development trend of automotive industry innovation ecosystem, under the different level of government guidance, research and development spending, and industrial investment within a certain range. The results show that: the rank of effects of three indicators from strong to weak is research and development spending, industrial investment, and government guidance. In the early stage of industry development, the industry added value was sensitive with the change of government guidance, but excessive government guidance would cause negative impact. With the improvement of market mechanism, the effect of governance factors will be

weak gradually.

**Key words:** automotive industry; system dynamics; innovation ecosystem; simulation

作为中国经济的支柱产业, 汽车产业带动和影响整个工业经济, 加快了中国工业化步伐, 改变着社会运行的节奏。特别是随着汽车产业自主创新过程逐渐加快, 对不可再生资源 and 污染对环境影响的关注、安全性能的要求以及在竞争环境下公司对利润增加的要求日益加强, 汽车产业创新生态系统行为主体间的竞合关系更加多样化和复杂化。近30年来, 中国汽车产业的发展主要依赖于“以市场换技术”的发展战略, 没有换来技术, 却失去了市场, 在汽车发动机和变速箱等核心技术方面与世界先进水平仍有较大差距。因此, 作为汽车产销大国, 并不意味着中国汽车产业创新生态系统是健康的、完善的。通过物质、能量和信息等资源的流动, 汽车产业创新生态系统内部围绕产业链全方位培育创新链, 共同向价值链高端攀升完善, 才能进一步促进产业链的提升和优化。

当前, 上海正面临建设具有全球影响力的科技创新中心的攻坚关头, 众多传统汽车制造龙头企业纷纷投入汽车产品的创新研发和商业模式创新转型研究, 汽车产业创新已然成为发展重头戏。本文借鉴创新生态系统相关理论, 阐述汽车产业创新生态系统内涵及理论模型, 分析了汽车产业特征及要素间协同互动关系, 并以上海汽车产业为例, 构建汽车产业创新生态系统仿真模型, 探析汽车产业演化发展过程中的关键影响因素及其作用机理。

## 1 文献评述

创新生态系统是近几年出现的新兴概念, 源于

国家创新系统,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. Adner<sup>[1]</sup> 提出创新生态系统 (Innovation ecosystem) 是“协同整合机制的一种范式,将生态系统中的不同企业的创新成果整合到一起,面向客户提供解决方案”,对产业创新生态系统的研究集中在提高产业绩效、促进产业发展及商业生态系统战略的确立,以及如何使生态系统内各合作伙伴得到竞争优势<sup>[2]</sup>. Dhanasai 和 Parkhe 认为创新生态系统的价值创造潜力是网络设计和业务流程两个维度的函数<sup>[3]</sup>. Fransman<sup>[4]</sup> 认为通信系统的生态模型是由 4 个主要的模块组成: 供应商、网络运营商、应用提供者和最终顾客. Phene 等<sup>[5]</sup> 则认为消费者、供应商、竞争者、大学和科研机构可以为生态系统贡献特有的且不重复的输入要素,这些要素可以促进企业的知识重组以及创新. Riedl 等<sup>[6]</sup> 提出了服务创新生态系统,主体包括平台提供者、服务提供者、客户以及中介组织. Adner 和 Kapoor<sup>[7]</sup> 认为,产业创新生态系统使得产业之间形成固有的联系,从而提高产业绩效并推动技术进步,创造更高的价值. Dougherty 和 Dunne<sup>[8]</sup> 认为,创新可以促进生产力的发展,构建创新生态系统有益于合作关系的建立,从而推动不同产业的发展. Davies 等<sup>[9]</sup> 提出开放的、跨越组织边界、深入到更广泛创新生态系统的方法才能够获得成功. Wareham 等<sup>[10]</sup> 提出技术创新生态的完善同样需要多变性和异质性来满足不断发展的市场需求. Sandberg 等<sup>[11]</sup> 提出影响突破性创新的因素不是创新的程度,而是创新生态系统内要素的特征和创新的过程.

综上,已有研究成果为产业创新生态系统相关研究提供了较好的借鉴与启示,本文尝试从生态系统视角,研究汽车产业创新生态系统内市场要素和治理要素间的互动关系. 创新生态系统由系统特征、市场要素及非市场要素构成,各要素间的协同作用才能促进系统的创新发展<sup>[12]</sup>. 汽车产业创新生态系统作为一个开放的、动态的、受其系统内外因素影响、随着时间而复杂多变的创新生态系统,本文结合系统动力学方法对其系统进行结构、要素的深入剖析,意在探讨汽车产业发展的内部规律并提出优化思路.

## 2 汽车产业创新生态系统理论模型

### 2.1 内涵及系统框架

结合汽车产业特征和情况,根据生态学理论和

生态群落研究,本文提出汽车产业创新生态系统是围绕汽车产业特征,汽车产业发展相关市场要素和治理要素以及各要素主体间的相互融合、相互影响,通过研发、生产和消费的产业化进程,控制创新链上的新产品研发、创新人才和创新商业模式,进而完善新产品附加值、人才附加值、企业品牌价值、售后服务体系等一系列要素和活动共同形成的具有可持续发展的创新系统.

其中市场要素的主体有汽车整车厂商、科研院所、零部件供应商、消费市场和消费者等. 治理要素的主体主要有中央及地方政府、其他相关政府部门等. 与产业发展相关的市场、政策、经济、法规、人才等要素和环境,如同自然界中的阳光、雨露和土地,能够为汽车产业创新生态系统发展提供良好的资源和条件. 汽车产业创新生态系统的本质特征是,在研发、生产和消费的过程中,通过新产品研发、创新人才集聚、商业模式创新等方式推动创新链、完善价值链,进而在汽车产业创新生态系统中形成以产业链控制创新链、创新链完善价值链、价值链促进产业链的良性循环、共同演化的局势(图 1).

#### (1) 产业特征

首先,汽车产品是非常复杂的消费品. 汽车在一百多年的发展历史过程中,虽然外形没有太大变化,机械部件变化也不大,但其内部的汽车电子应用已经发生了翻天覆地的变化. 同时,现在的汽车产业可能面临着与互联网结合进而出现新的革命,因此导致了整车企业和服务于整车企业的其他企业的管理模式面临改革,现在的企业研发模式已经不适应汽车电子带来的革命. 传统汽车企业是规模竞争,而如今所面临的竞争是如特斯拉一样的对手,是管理模式和商业模式的挑战. 汽车产品的另一关键特性是其网络外部性. 无论是传统燃油汽车还是新能源汽车,都离不开配套的基础设施网络,如加油站、充电桩等配套设施. 基础设施体系的建设和完善与企业推出的产品特性有关,如油耗水平,续航里程等,同时与治理要素所做的配套设施建设规划相关.

#### (2) 要素间协同关系

产业创新生态系统内部的主体间存在着复杂的相互协同互动关系,其发展离不开利益相关者的贡献和角色转换<sup>[13]</sup>. 汽车产业是我国制造业中的一个重要产业,近年来,其发展势头尤其迅猛,而且经营比较好的企业大多形成了产业链条或组织体系. 在这种产业链条或组织体系中,除了汽车整车生产企业外,还有零配件生产企业、汽车装饰品生产企业、

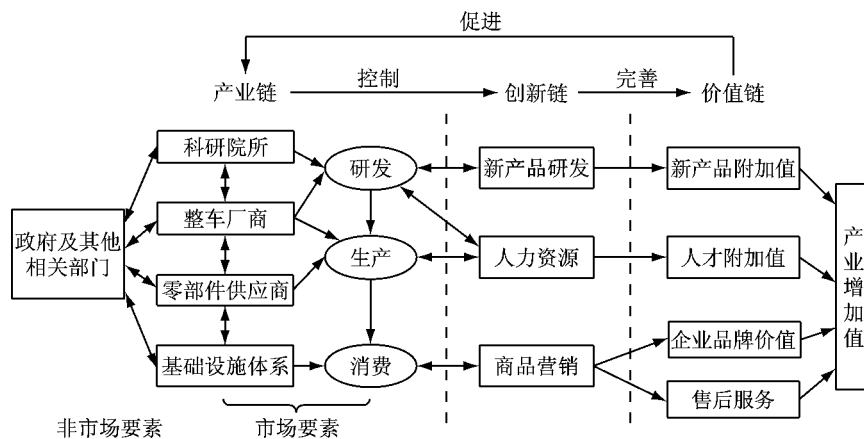


图1 汽车产业创新生态系统基本框架

Fig.1 Automotive industry innovation ecosystem framework

仓储运输公司以及外销机构<sup>[14]</sup>。汽车产业创新生态系统中的主体要素主要有传统汽车整车厂商、创新企业、政府部门、标准制定者等,另外还有零部件供应商、中间商、配套企业、售后服务机构、科研机构、投资机构、孵化机构、行业协会和消费群体等(图2)。这些主体间相互协同作用,才能够促进汽车产业创新生态系统市场要素和治理要素的融合发展。在市场要素中,创新企业、科研院所以及部分传统汽车整车厂商等所提供的创新技术和创新人才等创新资源为汽车产业创新生态系统提供了核心发展动力;治理要素中,政府部门和标准制定机构所提供的政策资助、政策导向和行业标准等资源将系统资源集聚,并通过系统各主体间的协同互动作用,使得资源在系统内形成发散作用,从而达到资源的最大利用,进一步促进系统内各要素间的融合、改善不完全市场竞争的状况,并通过完善产业发展必须的公共设施建设,促进汽车产业创新生态系统的进一步演化发展。

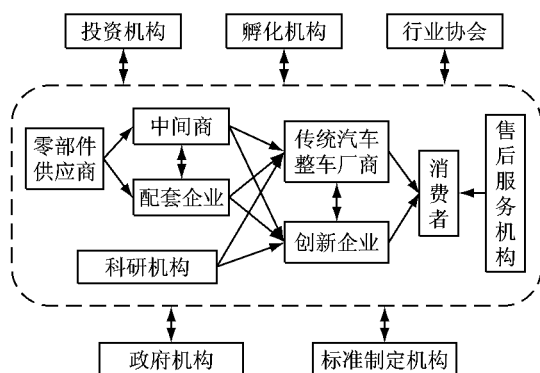


图2 汽车产业创新生态系统内主体要素协同关系图

Fig.2 Automotive industry innovation ecosystem main elements

### (3) 动态演化机理

生态学理论是研究生态系统的结构与功能,其基本理论认为健康的生态系统是稳定的和可持续发展的,在时间上能够维持它的组织结构和自治,也能够维持对胁迫的恢复力。健康的生态系统能够维持系统复杂性的同时满足系统发展的需求。汽车产业是经济全球化过程中最典型的产业之一。在汽车产业发展和演化过程中,汽车产业系统发展始终伴随着产业创新生态系统的结构和功能不断演化。从空间角度来看,汽车产业往往存在着过度分散的问题。过度分散的空间分布模式伴随着配套产业发展落后、地方之间相关产业合作与互动过少、恶性竞争等问题,从而导致汽车产业空间组织效率低下。在汽车产业创新生态系统发展中,创新产品和创新人才是产业创新生态发展的动力。通过政府和企业等生态群落要素间的相互影响作用,在优胜劣汰的市场竞争环境中,逐渐消除产业过度分散的问题,提高产业集中度,推动汽车产业创新链、价值链和产业链的发展,形成汽车产业创新生态系统内要素间相互促进共同发展的动态演化机理。

### 2.2 理论分析与假设

现实的经济世界中,不同区域、不同类型的企业对市场环境和政府政策的反应是不一样的。本文拟用来自上海汽车产业数据,综合现有文献,系统发展的推动主要来自三个方面:(1)创新具有风险高、周期长的特点,政府资助有利于降低企业的研发风险;(2)市场机制作用下,产业投入能够有效促进产业发展;(3)创新活动的成败关键在于研发,研发投入力度的强弱影响新产品开发。

首先,政府在产业创新生态系统发展过程中起到干预与放人经济,维持平衡的作用,政府会通过

系统内其他要素施加影响而发生作用. 随着我国汽车保有量不断积累, 中央及地方政府出台一系列相关政策推动和完善我国汽车产业发展, 旨在形成良好的汽车产业创新生态系统, 在全球领域提升汽车产业竞争力. 政府为汽车产业制定的政策引导、支撑和补贴等措施, 能够影响汽车产业的整体发展. 基于政策因素对产业创新生态系统发展的影响做如下假设:

假设1 在其他条件不变的情况下, 政策因素对汽车产业创新生态系统发展的影响是正相关的, 随着政府引导的增长, 汽车产业创新生态系统发展趋势良好; 政府引导的减弱, 产业创新生态系统发展趋势减缓.

其次, 汽车产业是资本密集型产业, 其健康发展离不开资本市场的有力支持. 从企业层面看, 能够获得足够产业投入的传统汽车巨头比创新企业更具发展优势. 从产业层面看, 产业投入比重在一定范围内的提升将有利于产业创新生态系统的发展. 因此, 提出产业投入比重对汽车产业创新生态系统发展具有重要作用的假设:

假设2 在其他条件不变的情况下, 产业投入对汽车产业创新生态系统发展的影响是正相关的, 随着产业投入比重的增加, 汽车产业创新生态发展态势良好; 产业投入比重的降低, 汽车产业创新生态发展趋势减弱.

最后, 技术创新对企业的生存和产业创新生态系统发展更显得尤为重要. 根据之前研究学者提出研发投入力度能够促进新产品开发, 提高创新产品研发增长率, 提高新产品销售收入占比, 做如下假设:

假设3 在其他条件不变的情况下, 研发支出对汽车产业创新生态系统发展的影响是正相关的, 随着研发支出比重的增加, 汽车产业创新生态发展态势良好; 研发支出比重的降低, 汽车产业创新生态发展趋势减弱.

### 3 汽车产业创新生态仿真模型构建

#### 3.1 研究方法

系统动力学方法诞生于20世纪五、六十年代, 经历了90年代至今的广泛应用与传播, 在一系列复杂社会经济系统问题研究中取得了诸多令人瞩目的成果. 随着现代社会问题复杂性、动态性等逐步加剧, 系统动力学方法作为研究复杂系统的有效方法,

被越来越多学者和研究人员所采用. 目前, 系统动力学的应用研究非常广泛, 其应用方向日益扩展, 在处理工业、经济、生态、管理、军事等诸多复杂社会问题中发挥重要作用. 系统动力学适用于在数据不足的情况下处理问题, 并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. 应用范围涉及到可持续发展问题<sup>[15-16]</sup>、企业间研发合作<sup>[17]</sup>、政策模拟研究<sup>[18]</sup>、演化博弈分析<sup>[19]</sup>和产业创新生态系统优化<sup>[20]</sup>等方面.

#### 3.2 仿真模型构建

根据对汽车产业创新生态系统含义及影响因素的分析, 从政策引导、产业投入、研发支出等方面对汽车产业创新生态系统发展具有重要影响的系统要素进行了归纳总结, 并提取其相互作用的关键影响要素, 建立如图3所示汽车产业创新生态系统发展的系统动力学流程图.

#### 3.3 数据来源

本文以上海汽车产业方面的相关数据为基础, 收集整理系统动力学流图中相关指标数据, 通过运用Vensim PLE软件进行数学建模, 对上海汽车产业创新生态系统发展做出实证分析. 主要选取2003—2012年共10年的数据进行检验. 考虑到数据的可获得性和准确性, 模型参数主要通过2003—2012年的历史数据构建而成, 来源于《上海统计年鉴》、《上海科技统计年鉴》和《中国统计年鉴》等. 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, 部分变量的量化是通过合理估算、校正得到.

#### 3.4 模型有效性检验

假定运行时间为2003—2012年, 仿真步长为一年. 为了检验模型有效性, 将模型的仿真数据与已存在的历史数据进行对比. 以全市国民总产值(gross domestic product, GDP)为例, 在汽车产业创新生态系统模型中的仿真值变化趋势与实际发展数据基本一致(图4), 全市GDP仿真值比实际值略高, 其拟合优度达到87%以上. 因此, 可以看出, 该汽车产业创新生态系统模型能够较为客观真实地反映2003—2012年间上海汽车产业和社会经济的发展情况, 同时说明了模型的合理性与准确性, 可对上海汽车产业创新生态系统的可持续发展进行模拟和预测.

### 4 汽车产业创新生态系统影响因素仿真模拟

通过对上海汽车产业进行20年仿真, 观察在汽

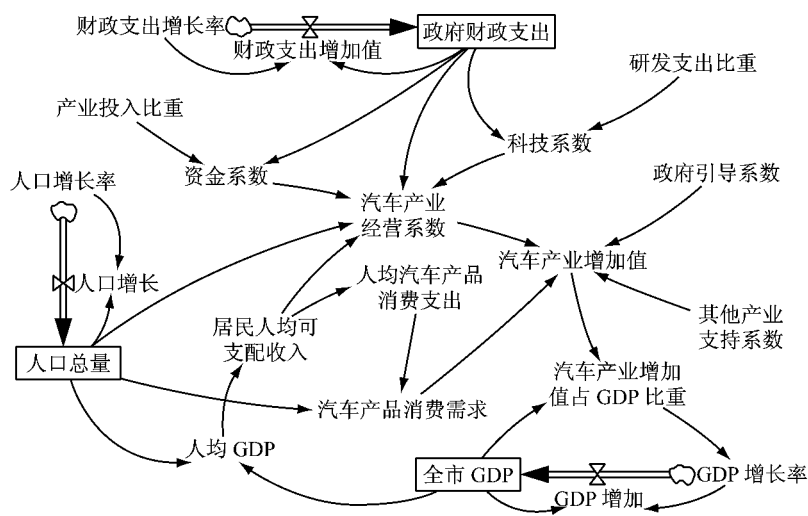


图3 汽车产业创新生态系统发展的系统动力学流图

Fig.3 System dynamics flow chart of automotive industry development

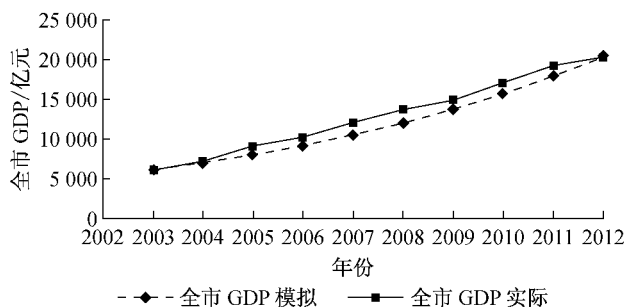


图4 上海市GDP模拟值与真实值对比图

Fig.4 Shanghai GDP comparison between analog and actual value

车产业发展基本情况不变的条件下,汽车产业增长率占GDP比重和汽车产业增长率在近10年(2003—2012)和未来10年(2013—2022)的变化趋势(图5—7)。可以看出,上海市GDP变化趋势与其汽车产业增加值变化趋势基本一致,均呈阶梯式增长。

从汽车产业增加值占GDP比重的变化趋势中可以看出,上海汽车产业发展过程跌宕起伏。自2001年中国加入世贸组织(WTO),贸易自由化推动中国市场,特别是中国汽车市场迅速与国际汽车市场接轨,我国汽车产业进入激烈竞争阶段。从图7中可以看出,上海汽车产业增加值前15年发展较为不稳定,受到相关政策和全球市场环境的影响,出现小幅动荡。同时受第三产业不断发展的影响,上海第三产业增加值占GDP比重逐渐升高,汽车产业增加值占GDP比重总体趋势有所下降,但从2017年起逐渐缓慢平稳上升。

对汽车产业创新生态系统影响因素的模拟主要从政府、科技、资金等方面入手,分别以政府引导、产

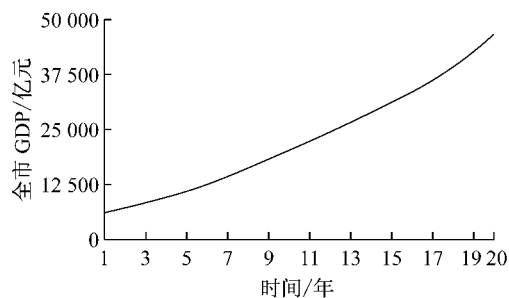


图5 上海市GDP变化趋势

Fig.5 Trend of Shanghai GDP

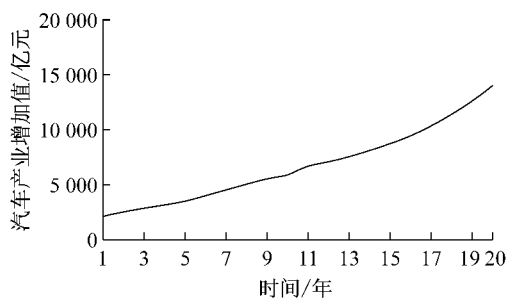
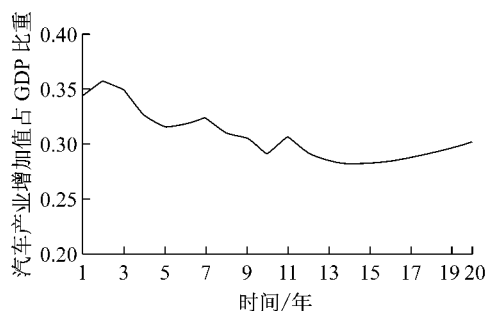


图6 汽车产业增加值变化趋势

Fig.6 Trend of Automobile added value

图7 汽车产业增加值占GDP比重变化趋势图  
Fig.7 Trend of Automobile added value accounts of GDP

业投入和研发支出为变量,设计一定幅度的不同水平,来观察汽车产业增加值占 GDP 比重及汽车产业增加值相应的变化情况,从而判断不同影响因素变动对汽车产业创新生态系统的影响程度和趋势。

#### 4.1 政府引导系数影响分析

以汽车为支柱产业的各地政府都是汽车产业发展过程中的关键行为主体。无论是各汽车集团公司还是国内自主汽车厂商,其创新发展都离不开政府为汽车产业发展提供的良好环境,通过政策引导,不断提升汽车产业发展态势。通过仿真软件的模拟,得出初始状态下,政府引导系数为 1.5。为分析政府引导系数的高低对汽车产业创新生态系统的影响,选取政府引导系数为 1.5,政府引导系数分别增加 0.15,0.1,0.05;以及分别降低 0.05,0.1,0.15 的情况下(分别以+0.15,+0.1,+0.05,-0.05,-0.1,-0.15 表示),对汽车产业增加值占 GDP 比重和汽车产业增加值的变化情况。

由图 8 和图 9 可以看出:(1)对比不同政府引导强度的曲线趋势可以看出,政府引导较强或较弱都会引起汽车产业有较大幅度的变化。然而政府引导对汽车产业创新生态系统的影响不是绝对正向的,在长期发展的过程中,这种影响是复杂的。政府引导系数在初始状态左右 10% 的幅度调整时,其对汽车产业的影响都从最初较敏感的状态逐渐减弱并趋于平稳。(2)政府引导系数比初始状态高 10% 的情况下,在汽车产业发展初期,作用明显,但随着一段时间的发展,反而对汽车产业发展有负向作用,同样,政府引导系数比初始状态低 10% 的情况下,汽车产业发展后期,反而对其具有正向作用。(3)政府引导系数在初始状态左右 10% 的幅度调整时,对汽车产业增加值的影响是显著的。因此,在理想状态下,汽车产业创新生态系统不断完善的过程中,系统内部市场环境进一步形成,企业和其他创新主体将在市场竞争中选取其生态位共同提升和演化的最优路径,政府引导对其的干预将不再产生较大作用效果,汽车产业发展随着政府引导系数的变化而变化的趋势将逐渐减弱,而市场要素将对产业创新生态系统发展起到重要作用。

#### 4.2 产业投入比重影响分析

选取汽车产业成本费用总额占财政支出比重的数据衡量产业投入比重对汽车产业创新生态系统的影响。为分析产业投入比重对汽车产业创新生态系统的影响,分别选取前 10 年中产业投入比重的最大值 3.8% 以及将其增加(+ )3%、+1.5%、降低(-)

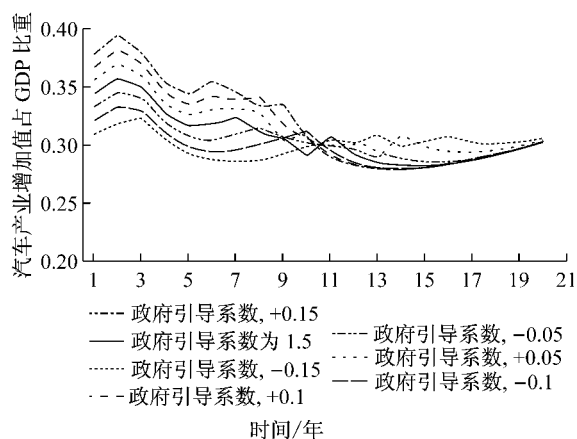


图 8 汽车产业增加值占 GDP 比重随政府引导系数变化  
Fig. 8 Trend of Automobile added value accounts of GDP with government guidance coefficient

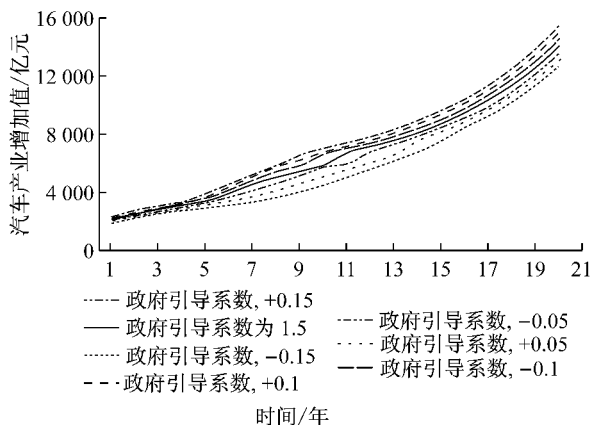


图 9 汽车产业增加值随政府引导系数变化  
Fig. 9 Trend of Automobile added value with government guidance coefficient

1.5%、-3% 的情况下,对汽车产业增加值占 GDP 比重和汽车产业增加值的变化情况。

由图 10 和图 11 可知:(1)产业投入比重对汽车产业创新生态发展产生显著的正向效应,汽车产业增加值占 GDP 比重和汽车产业增加值净增长水平都随着产业投入比重的提升而有显著提高。(2)当产业投入比重水平较初始状态降低 3%,即产业投入比重仅为 0.8% 左右时,汽车产业增加值随着时间发展基本呈现线性增长,而随着产业投入比重的逐渐提高,在汽车产业发展后期,产业投入比重对汽车产业发展的影响越来越敏感。在其他条件不变的情况下,产业投入越多,汽车产业创新生态系统发展越快。但综合考虑产业投入增加后带来的成本提升和汽车产业创新生态系统发展状态,随着产业投入不断增加到一定程度时,其带来的产业发展效益将不断降低逐渐达到水平,即产业投入对汽车产业发展带来的效率逐渐趋于稳定。

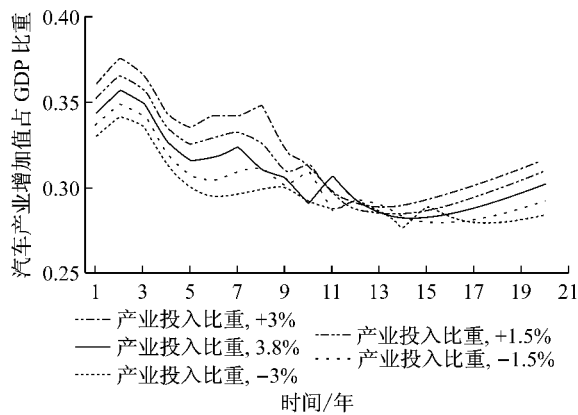


图10 汽车产业增加值占GDP比重随产业投入比重变化

Fig.10 Trend of Automobile added value accounts of GDP with the proportion of industrial investment

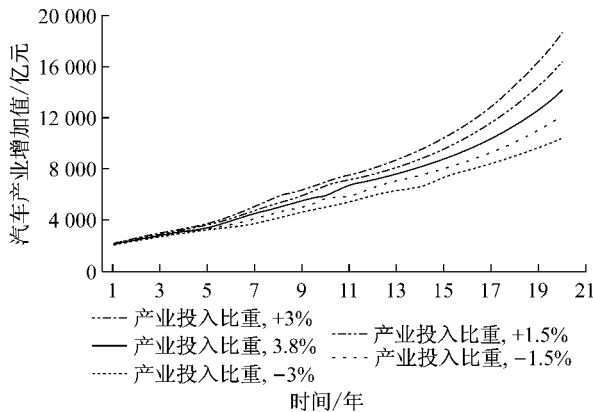


图11 汽车产业增加值随产业投入比重变化

Fig.11 Trend of Automobile added value with the proportion of industrial investment

#### 4.3 研发支出比重影响分析

为分析研发支出比重对汽车产业创新生态系统的影响,选取汽车产业研发支出占政府财政支出比重的数据衡量研发支出比重对汽车产业创新生态系统的影响.分别模拟前10年中产业投入比重的最大值3%以及将其增加(+ )3%、+1.5%、降低(- )1%、-1.5%的情况下,汽车产业增加值占GDP比重和汽车产业增加值的变化情况.

由图12和图13可知:(1)研发支出比重的增加对汽车产业创新生态系统提升作用显著,并随着增加的幅度逐渐提升,呈现正向效应.(2)研发支出比重的减少对汽车产业发展并未产生太大的负面影响.说明目前汽车产业研发支出比重处于较低的状态,适当提高研发支出比重将产生可观的边际效益.目前汽车产业创新技术发展迅速,技术水平的落后将严重影响汽车产业的发展.因此,各个国家、汽车企业和相关研究院所都应适当加大研发投入,提升

各自在汽车产业创新生态系统中的态势.

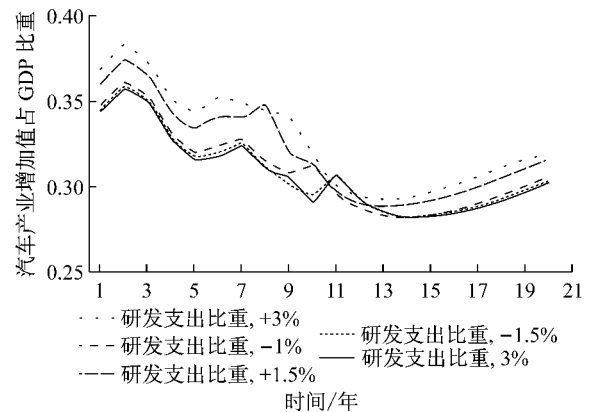


图12 汽车产业增加值占GDP比重随研发支出比重变化

Fig.12 Trend of Automobile added value accounts of GDP with the proportion of research and development spending

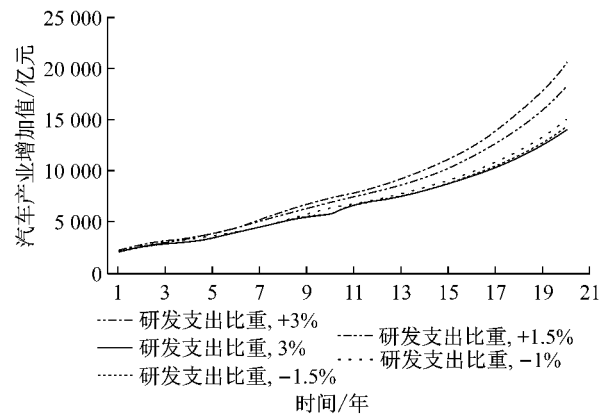


图13 汽车产业增加值随研发支出比重变化

Fig.13 The trend of Automobile added value with the proportion of research and development spending

#### 4.4 综合因素影响分析

考虑到影响因素的多样性,选取政府引导系数、产业投入比重、研发支出比重组合形式对比分析各自对汽车产业创新生态系统发展的不同敏感度.依次模拟初始状态、产业投入比重降低(- )3%同时研发支出比重增加(+ )3%、产业投入比重降低(- )3%同时政府引导系数增加(+ )0.15、政府引导系数降低(- )0.15同时研发支出比重增加(+ )3%、政府引导系数降低(- )0.15同时产业投入比重增加(+ )3%的5种情况下汽车产业增加值占GDP比重的变化情况.得出如图14所示的仿真结果.

图14中可以看出:(1)D1和D2预测数据基本一致,但D2中的数据均略高于D1,因此可以看出研发支出比重对汽车产业增加值占GDP比重的敏感程度略高于产业投入比重;(2)D4和D5数据基本重

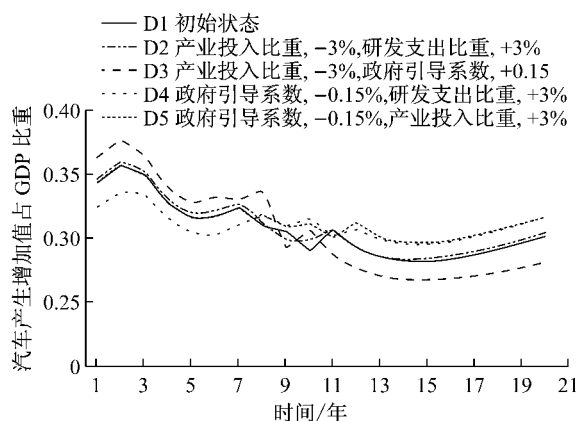


图14 汽车产业增加值占GDP比重随综合影响因素变化  
Fig.14 Trend of Automobile added value accounts of GDP with comprehensive factors

合,充分说明研发支出比重和产业投入比重对汽车产业增加值占GDP比重的影响基本一致;(3)D2和D4、D1和D5对比可以看出,D5在前7年数据在D1之下,之后逐渐超越,并保持明显的优势,说明,在汽车产业创新生态系统发展后期,产业投入比重比政府引导系数作用明显;(4)D1和D3、D1和D4对比同样可以看出,调整政府引导系数对汽车产业创新生态系统产生的作用明显低于研发支出比重和产业投入比重,同时,对比D1和D4、D1和D3的间距,可以看出调整产业投入比重比调整研发支出比重对汽车产业创新生态影响敏感程度略低。因此,通过对比汽车产业增加值占GDP比重随研发支出比重、产业投入比重和政府引导系数综合因素变化的结果分析可知,这三个指标对汽车产业增加值占GDP比重的影响作用敏感程度由高到低依次为:研发支出比重>产业投入比重>政府引导系数。

## 5 结论

本文以上海汽车产业创新生态系统为例,运用Vensim PLE软件进行系统动力学建模,选取2003—2013年上海汽车产业相关数据,以政府引导、研发支出和产业投入的不同水平,分析其对上海汽车产业创新生态系统发展态势的影响。通过仿真模拟结果可知:在汽车产业创新生态系统形成和发展初期,汽车产业的发展随着政府引导系数的增减变化较为敏感,随着市场机制的逐渐完善,市场竞争环境日趋成熟,产业创新生态系统中治理要素的影响作用将逐渐减弱。总体来看,政策引导对汽车产业的影响作用是复杂的,并不是完全正向影响。因此,过度增加政府治理力度和扩大控制范围对汽车产业创

新生态系统发展可能产生不利影响。产业投入和研发支出对汽车产业发展的影响基本是正效应。同时发现,产业投入和研发支出对汽车产业发展态势影响程度基本一致,三个指标的作用强度依次为:研发支出比重>产业投入比重>政府引导系数。根据仿真结果,从产业创新生态系统优化视角,提出以下政策建议:一方面,政府部门在系统内应更多地起到监督作用,目前汽车产业市场竞争环境相对成熟,创新技术和创新扩散的推动更多的依靠市场要素作用;另一方面,政府部门的政策应侧重于研发支出方面,各项政策规定间应具有延续性、协调性、一致性,既能够从不同方面支持和推动汽车产业创新生态系统发展,又能够相互支撑,带动企业的研发投入和产业投入,进而促进产业创新生态系统的发展。

## 参考文献:

- [1] Adner R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem [J]. *Harvard Business Review*, 2006, 84(4): 98.
- [2] Clarysse B, Wright M, Bruneel J, et al. Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystem [J]. *Research Policy*, 2014, 43(7): 1164.
- [3] Dhanasai C, Parkhe A. Orchestrating innovation networks [J]. *Academy of Management Review*, 2006, 31(3): 659.
- [4] Fransman M. The new ICT ecosystem: Implications for policy and regulation [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [5] Phene A, Almeida P. Innovation in multinational subsidiaries: The role of knowledge assimilation and subsidiary capabilities [J]. *Journal of International Business Studies*, 2008, 39(5): 901.
- [6] Riedl C, Boehmann T, Leimeister M J, et al. A framework for analysing service ecosystem capabilities to innovate [C]// *Proceedings of 17th European Conference on Information Systems*. Verona: [s. n.], 2009: 2097-2108.
- [7] Adner R, Kapoor R. Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations [J]. *Strategic Management Journal*, 2010, 31(3): 306.
- [8] Dougherty D, Dunne D D. Organizing ecologies of complex innovation [J]. *Organization Science*, 2011, 22(5): 1214.
- [9] Davies A, MacAulay S, Debarro T, et al. Making innovation happen in a megaproject: London's crossrail suburban railway system [J]. *Project Management Journal*, 2014, 45(6): 25.
- [10] Wareham J, Fox P B, Giner J L C. Technology ecosystem governance [J]. *Organization Science*, 2014, 25(4): 1195.
- [11] Sandberg B, Aarikka-Stenroos L. What makes it so difficult? A systematic review on barriers to radical innovation [J]. *Industry Marketing Management*, 2014, 43(8): 1293.
- [12] 尤建新,宋燕飞,邵鲁宁,等. 创新生态系统研究脉络梳理及理论框架构建 [J]. *产业经济评论*, 2015, 14(2): 81.



- YOU Jianxin, SONG Yanfei, SHAO Luning, *et al.* A review and frame structure on innovation ecosystem[J]. *Review of Industrial Economics*, 2015, 14(2): 81.
- [13] Lu C, Rong K, You J, *et al.* Business ecosystem and stakeholders' role transformation: Evidence from Chinese emerging electric vehicle industry[J]. *Expert Systems with Applications*, 2014, 41:4579.
- [14] 孙东升. 中国汽车产业发展研究[M]. 武汉:武汉理工大学出版社, 2013.
- SUN Dongsheng. Research on the development of Chinese automobile industry [M]. Wuhan: Wuhan University of Technology Press, 2013.
- [15] 肖仁俊,董志,李秀婷,等. 新疆能源可持续发展的系统动力学模型与分析[J]. *管理评论*, 2014, 26(8):31.
- XIAO Renjun, DONG Zhi, LI Xiuting, *et al.* The system dynamics model of energy sustainable development in Xinjiang [J]. *Management Review*, 2014, 26(8):31.
- [16] 贾一伟,贾利民. 高校科技企业可持续发展系统动力学模型构建[J]. *研究与发展管理*, 2014, 26(3):97.
- JIA Yiwei, JIA Limin. The system dynamic model of sustainable development for technological enterprise in university[J]. *Research and Development Management*, 2014, 26(3):97.
- [17] 刘娴,宋波,徐飞. R&D 联盟企业隐性知识转移的系统动力学[J]. *系统管理学报*, 2014, 23(5):620.
- LIU Xian, SONG Bo, XU Fei. System dynamics modeling for tacit knowledge transfer of a firm in the R&D alliance[J]. *Journal of System and Management*, 2014, 23(5):620.
- [18] 杨文亚. 杭州市电动汽车社会技术系统创新和政策研究——基于系统动力学仿真[D]. 杭州:浙江大学, 2014.
- YANG Wenya. A research on the socio-technical system innovation of electric vehicles in Hangzhou based on system dynamics simulation [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014.
- [19] 朱庆华,王一雷,田一辉. 基于系统动力学的地方政府与制造企业碳减排演化博弈分析[J]. *运筹与管理*, 2014, 23(3):71.
- ZHU Qinghua, WANG Yilei, TIAN Yihui. Analysis of an evolutionary game between local governments and manufacturing enterprises under carbon reduction policies based on system dynamics [J]. *Operations Research and Management Science*, 2014, 23(3):71.
- [20] 王霞,李雪,郭兵. 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[J]. *科技进步与对策*, 2014, 31(24):64.
- WANG Xia, LI Xue, GUO Bing. Optimization research on culture industry innovation ecosystem based on SD model[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2014, 31(24):64.
- (上接第 419 页)
- [10] 李洪东. 基于 BP 神经网络的汽车 ABS 系统故障诊断[D]. 长春:吉林大学, 2008.
- LI Hongdong. Fault diagnosis for automobile ABS system based on BP neural network[D]. Changchun: Jilin University, 2008.
- [11] 陈宗好,张代胜. 信息融合技术在汽车 ABS 系统故障诊断中的应用[J]. *汽车科技*, 2006, 85(4):13.
- CHEN Zonghao, ZHANG Daisheng. The application of information fusion technology in automobile ABS system fault diagnosis[J]. *Automobile Science Technology*, 2006, 85(4):13.
- [12] 柳卫东. 汽车制动系统 FTA 法的故障诊断研究[D]. 西安:西北工业大学, 2007.
- LIU Weidong. Fault diagnosis study for automobile braking system based on FTA[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2007.