

文章编号: 1007-6735(2016)01-0048-07

DOI: 10.13255/j.cnki.jusst.2016.01.009

基于SD的医药产业技术创新系统研究

王红倩, 张 峥

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 借鉴现有技术创新相关研究, 结合系统动力学理论方法, 构建了医药产业技术创新系统动力学模型, 刻画了技术创新系统内部要素以及要素之间的因果关系, 深入分析了技术创新系统内部结构. 利用 Vensim 软件绘制因果关系图和系统流图, 分析技术创新系统的反馈回路, 并对模型进行有效性检验, 在此基础上进一步分析新产品比重、技术知识退化率和研发人员投入力度对医药企业技术创新的影响. 研究表明, 为保持技术创新能力, 企业的新产品比重不宜过高; 在技术知识退化率变大的过程中, 企业应该更加注重技术知识的积累; 提高研发人员投入力度未必能提升企业技术创新能力.

关键词: 系统动力学; 技术创新系统; 医药产业

中图分类号: F 272.91

文献标志码: A

Technological Innovation System of Pharmaceutical Industry Based on System Dynamics

WANG Hongqian, ZHANG Zheng

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: With the rapid development of information technology, there is higher requirement for the pharmaceutical industry to focus on technological innovation capability. According to some related researches, the method of system dynamics and the simulation tool of Vensim were introduced. The system dynamics model of technological innovation was established to do the in-depth study of the internal structure of technological innovation system and the feedback loop between various elements. Then the software of Vensim was used to perform the model validation test, and finally the impacts of new products share, degradation rate of technical knowledge, and R&D investment of technological innovation were further analyzed. The results indicate that to maintain technological innovation, the company's new products proportion should not be too high, with the increase of technical knowledge degradation rate, enterprises should pay more attention to the accumulation of technical knowledge, and high R&D investment does not necessarily enhance the capability of technological innovation.

Keywords: *system dynamics; technological innovation system; pharmaceutical industry*

收稿日期: 2014-12-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71371124); 上海市软科学研究计划重点项目(14692105500); 沪江基金研究基地专项基金资助项目(A14006); 上海市一流学科建设资助项目(S1201YLX)

第一作者: 王红倩(1990-), 女, 博士研究生. 研究方向: 企业战略和创新管理. E-mail: yjling1990@163.com

通信作者: 张 峥(1971-), 男, 教授. 研究方向: 企业战略管理与并购创新. E-mail: 774112000@qq.com

工业 4.0 的智能化时代正悄然改变着信息化时代下的企业,新产品推出的周期越来越短,技术知识的退化速度越来越快^[1].这些变化对企业技术创新能力提出了更高的要求,企业需要提高对技术创新的独占能力,使企业在技术和产品市场中处于主导地位并获取超额利润,推动企业持续发展^[2].企业为了求得可持续发展纷纷开展各种形式的技术创新:一些企业借助政府的优惠扶持政策加大技术创新研发投入力度;一些企业通过与其他企业合作,开展协同技术创新活动;另外一些企业则选择直接引进或者购买其他企业的技术,快速提升本企业的技术创新能力.不管企业技术创新的形式多么复杂多样,其实质都是将资金、人才、信息等资源的投入转化为新产品销售收入等各种形式的技术创新产出.如何透过复杂的外在形式理清技术创新系统各要素之间复杂、动态、非线性的关系,对企业提升技术创新能力具有重要意义.只有把握了技术创新系统内在的结构特征,企业才能有效突破技术创新效率低的困境.

系统动力学就是基于系统论的解决复杂系统动态性、高阶次、非线性、长期性问题的学科.系统动力学综合利用定性和定量的方法,借助因果关系图和系统流图,设计有效的系统动力学方程,构建一个仿真的系统模型,并在模型的基础上进行政策模拟实验,比较不同政策的实施结果,给决策者提供决策参考.

本文利用系统动力学的方法,构建了技术创新的系统动力学模型,并基于医药行业的历史数据进行仿真,在此基础上进行了简单的模拟实验,分析新产品比例、技术知识退化率等因素对企业技术创新的影响.

1 相关理论回顾

本文通过中国知网进行文献的搜集和整理,用“技术创新”关键词在 1979—2013 年间进行搜索,结果有 117 460 篇相关文献.为直观把握技术创新的研究趋势,绘制了如下折线图(如图 1 所示).由图 1 可见,技术创新相关文献的数量总体呈现上升趋势,近年来的相关文献的数量表现为波浪式增加,这就表明技术创新的相关研究备受关注,其研究具有一定的理论和现实意义.

目前技术创新的研究比较成熟,主要集中在对技术创新的动力机制以及技术创新能力评价的研究方面.对于技术创新动力的研究大致可以分为两类:

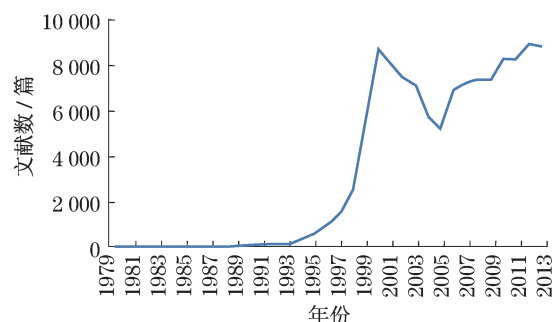


图 1 1979—2013 年技术创新相关文献数

Fig.1 Number of technological innovation related papers during 1979 and 2013

一类是经济因素的作用;另一类是非经济因素的推动.关于经济因素方面的研究,如许小东^[3]依据期望理论,提出技术创新动力受到创新收益、创新投入、创新成功预期与创新失败可能性 4 个因素的影响;而李永等^[4]则重点研究政府研发投入对不同行业的技术创新绩效的影响.研究表明,由于内生性和行业差异的存在,政府研发投入对技术创新的影响也不同.非经济因素包括企业家精神、企业文化和知识产权保护等,如傅家骥等^[5]在论述企业家精神影响企业创新行为和论述精神支持系统的基础上,建议将企业家精神培养与技术创新的扩散整合,从而提升企业的创新绩效;张曙^[6]则探讨了企业的创新能力和创新企业文化的形成,详细阐述了建立鼓励创新的机制和创新能力评价体系的重要性.

企业创新能力的评价方面也可以分为两个方向:一种是构建指标体系对企业的技术创新能力进行实证研究,如许志晋等^[7]根据模糊综合评判的数学模型,探讨了企业技术创新能力评价的一般程序,这类的实证分析方法对指标体系的构建要求较高,指标选择的科学性和规范性直接影响研究成果的有效性;另外一种是通过建立仿真模型对技术创新系统进行研究,如曹兴等^[8]建立了系统动力学模型,以航空航天产业为例对模型进行仿真模拟,研究表明科技人才、创新环境和合作创新与创新产出之间均存在明显的正相关关系.

医药行业是技术和知识密集型行业,技术创新对于医药行业的重要性不容忽视.医药行业范围广泛,涉及制药、医疗设备及服务、药品流通等多个领域,但不管是制药还是医疗设备及服务都需要一个完善的技术创新系统,不断提供更新的相关技术,持续投入大量资金和人才,从而提升医药企业的技术创新能力.目前,对医药行业技术创新能力的研究不是很多.何勤等^[9]进行了医药行业技术创新模式的研究;张庆霖等^[10]则针对医药行业的特殊性研究了政

府规制、行业垄断等因素与企业技术创新的关系;曹明等^[11]则用实证的方法研究了知识产权保护对医药企业技术创新能力的影响,研究指出切实提升知识产权保护水平时应区别对待国内外知识产权成果。

针对以上相关研究的梳理和分析,本文采用系统动力学方法对医药行业的技术创新系统进行研究,试图剖析影响医药企业技术创新的内在要素,为企业提高技术创新能力提供理论依据。

2 系统动力学模型设计

2.1 模型建立的基本前提假设

模型构建的3个前提是:第一,企业技术创新系统连续渐进发展;第二,不考虑政府政策的重大变革以及异常情况导致的系统崩溃;第三,创新投入主要包括资金和研发人员,而新产品销售收入可以衡量企业技术创新产出,发明专利的经济效益通过新产品的销售收入来反映。

2.2 模型建立的目的

技术创新系统复杂多变,各种内外部因素都会直接或间接影响企业的技术创新系统^[12],建立系统动力学模型,目的是为了找出关键的内在因素,研究其结构与反馈机制,经过不断调试,使得模型能够仿真现实的技术创新系统,进而通过政策模拟,提出改善系统的方法思路。

2.3 系统的界限

系统动力学认为系统的行为主要由内因决定,因此如何选择系统边界会直接影响模型成功与否^[13]。从结构上看,企业技术创新系统主要包括以下3个子系统:研发投入子系统、技术知识积累子系统和技术创新产出子系统。

2.4 因果关系分析

对系统各要素的因果关系分析是一种定性分析,是进一步掌握系统内在结构与功能、梳理系统的反馈回路的基础。本文通过对技术创新系统的研究,并借鉴前人的成果,利用 Vensim 软件,勾画出了技术创新系统的因果关系图,如图2所示。

由图2可见,技术创新系统中存在着多条反馈回路,下面列出了几条回路,从而对整个技术创新系统各因素有一个直观的把握:

a. 创新能力→企业技术创新意愿→企业研发经费投入→研发总投入→创新利润→GDP→国家财政收入→教育投入→科研机构数量→产学研合作

b. 创新能力→企业技术创新意愿→企业研发

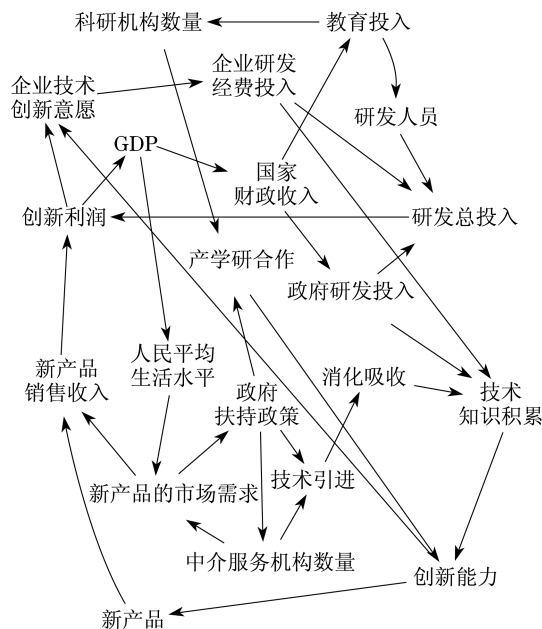


图2 技术创新系统因果关系图

Fig.2 Causal diagram of technological innovation system

经费投入→研发总投入→创新利润→GDP→人民平均生活水平→新产品的市场需求→政府扶持政策→产学研合作

c. 创新能力→新产品→新产品销售收入→创新利润→GDP→人民平均生活水平→新产品的市场需求→政府扶持政策→技术引进→消化吸收→技术知识积累

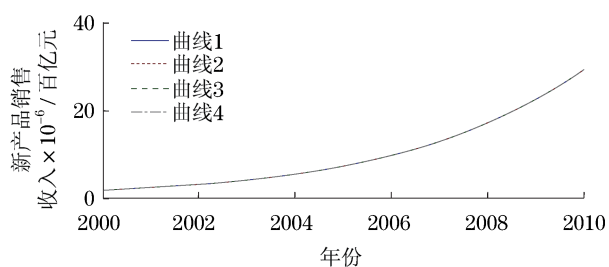
d. 创新能力→企业技术创新意愿→企业研发经费投入→研发总投入→创新利润→GDP→人民平均生活水平→新产品的市场需求→政府扶持政策→技术引进→消化吸收→技术知识积累

e. 创新利润→GDP→人民平均生活水平→新产品的市场需求→政府扶持政策→技术引进→消化吸收→技术知识积累→创新能力→新产品→新产品销售收入

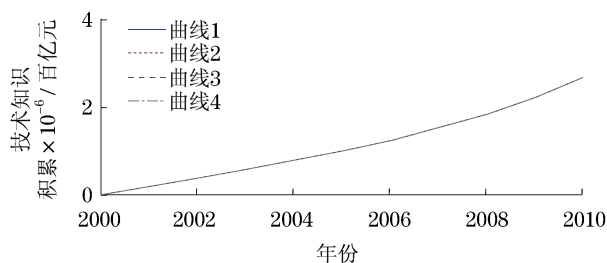
f. 创新利润→GDP→人民平均生活水平→新产品的市场需求→政府扶持政策→中介服务机构数量→技术引进→消化吸收→技术知识积累→创新能力→新产品→新产品销售收入

g. 创新利润→GDP→人民平均生活水平→新产品的市场需求→政府扶持政策→技术引进→消化吸收→技术知识积累→创新能力→企业技术创新意愿→企业研发经费投入→研发总投入

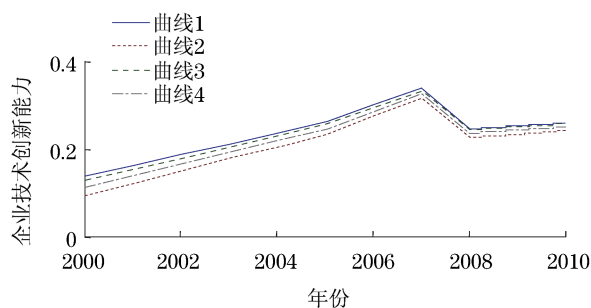
h. 创新利润→GDP→人民平均生活水平→新产品的市场需求→政府扶持政策→中介服务机构数量→技术→消化吸收→技术知识积累→创新能力→企业技术创新意愿→企业研发经费投入→研发总投入



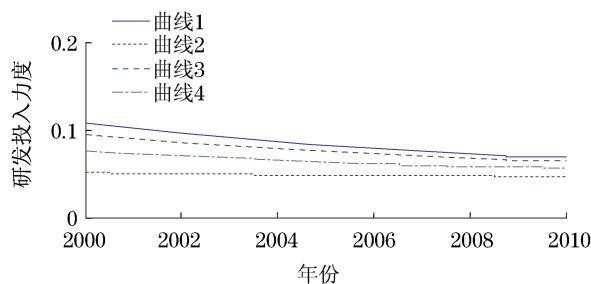
(a) 新产品比重对新产品销售收入的影响



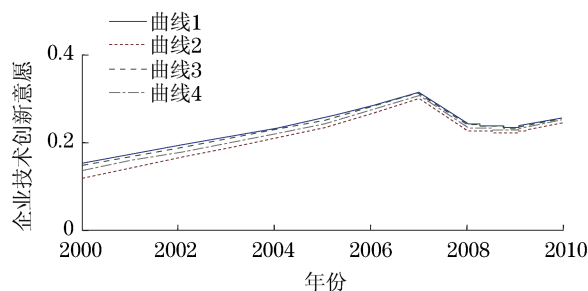
(b) 新产品比重对技术知识积累的影响



(c) 新产品比重对企业技术创新能力的影响



(d) 新产品比重对研发投入力度的影响



(d) 新产品比重对企业技术创新意愿的影响

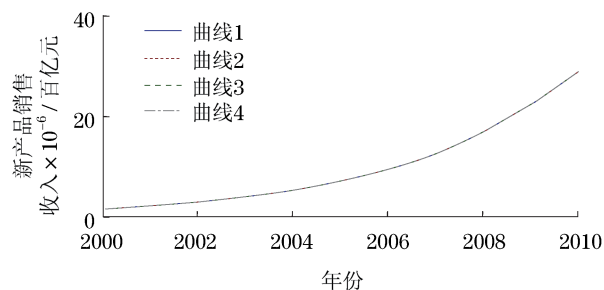
图4 新产品比重模拟结果

Fig.4 New product ratio simulation

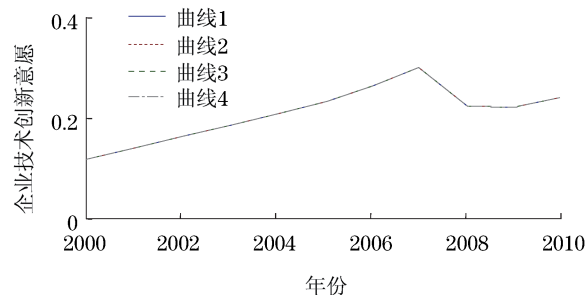
线位置最低,这就表明此时的技术创新能力和创新意愿最弱.

3.3.2 技术知识退化率模拟

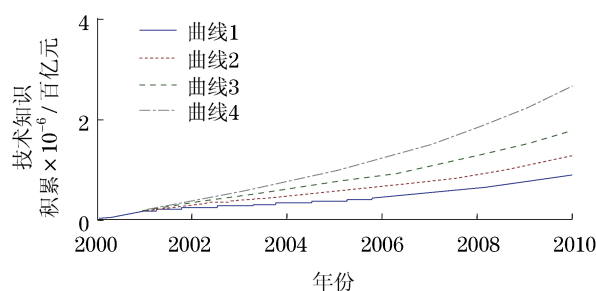
同样保持其他变量不变,将技术知识退化率依次调整为0.13(曲线1)、0.3(曲线2)、0.5(曲线3)、0.8(曲线4),分别运行模型,得出技术创新系统中变量的变化情况,技术知识退化率的变化对技术创新的影响如图5所示.



(a) 技术知识退化率对新产品销售收入的影响



(b) 技术知识退化率对企业技术创新意愿的影响



(c) 技术知识退化率对技术知识积累的影响

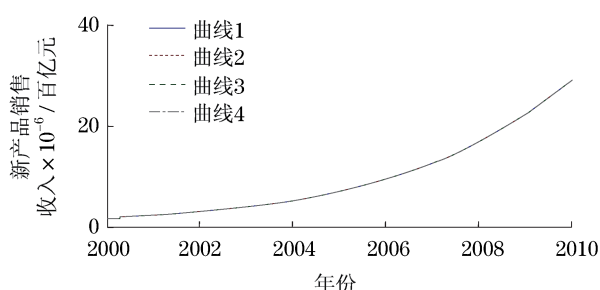
图5 技术知识退化率模拟结果

Fig.5 Technological knowledge decrease rate simulation

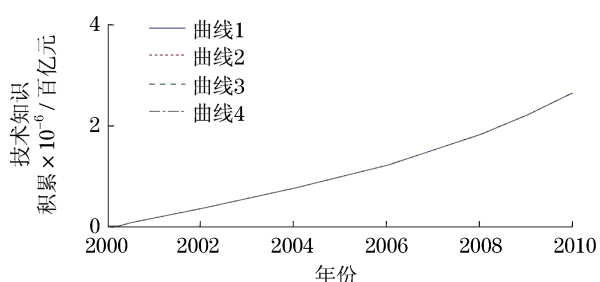
由软件的运行结果来看,图5(a)和图5(b)中的曲线基本重合,这表明技术知识退化率的变化对新产品的销售收入和企业技术创新意愿基本不产生影响,而由图5(c)可知,技术知识退化率对技术知识积累有正向影响,随着退化率的不断增大,技术积累量不断增大,并且增大的幅度不断加大.

3.3.3 研发人员投入力度模拟

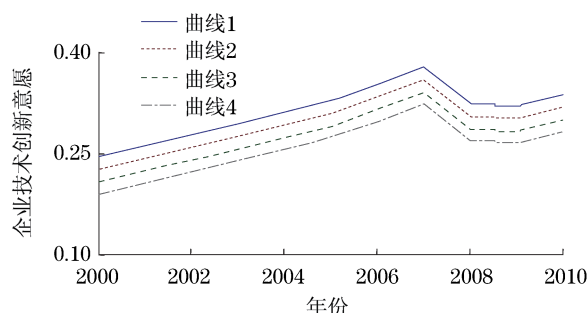
保持其他变量不变,将研发人员投入力度依次调整为0.22(曲线1)、0.4(曲线2)、0.6(曲线3)、0.8(曲线4),分别利用Vensim软件运行模型,医药行业研发人员投入力度对企业技术创新的影响情况如图6所示。



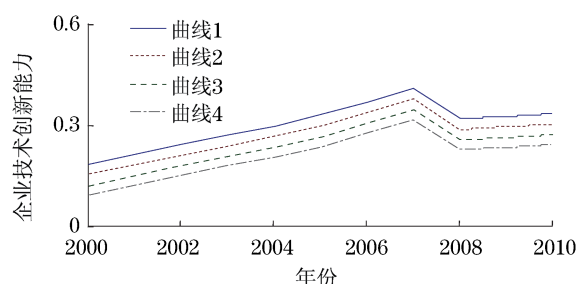
(a) 研发人员投入力度对新产品销售收入的影响



(b) 研发人员投入力度对技术知识积累的影响



(c) 研发人员投入力度对企业技术创新意愿的影响



(d) 研发人员投入力度对企业技术创新能力的影响

图6 研发人员投入力度模拟结果

Fig.6 R&D employee investment simulation

由软件输出的结果可以看到,图6(a)和图6(b)中的曲线基本重合,这表明研发人员投入力度对新产品销售收入和技术知识积累基本不产生影响,但是由图6(c)和图6(d)可以发现,研发人员投入力度对企业技术创新意愿和技术创新能力有相似的负向影响.从图6(c)和图6(d)看到,随着研发人员投入力度的加大,企业创新能力和创新意愿的曲线都往下移.这就表明,研发人员投入力度的加大,反而会使医药企业的创新能力和创新意愿下降。

4 结 论

利用系统动力学方法构建了医药产业技术创新系统动力学模型,该模型有效刻画了医药产业技术创新系统内部各要素之间的因果关系,同时也展现了技术创新系统反馈作用机理.在模型有效性检验的基础上,对新产品比重、技术知识退化率和研发人员投入这3个变量进行政策模拟,通过对模拟结果的分析,本文得出了以下结论:

第一,医药企业要避免较高的新产品比重,特别不能使新旧药品的比重接近,这样不利于医药企业提升技术创新能力.医药企业的产品不同于其他行业的产品,关乎到人民的生命健康和安全,因而在选择药品时消费者会尤为慎重,而且会更加倾向于购买品牌或者之前使用过的药品,这使得新药需要较长时间的市场适应期.正如赵皎卉等^[14]提出的技术创新不仅仅是推陈出新,更需要将创新产品商业化,创新产品的商业化途径直接关系到该创新产品在今后数年内给企业创造的效益。

第二,快速的技术知识更新对医药企业提高技术知识积累有正面的影响.医药企业在面临较高的技术知识退化率时应注重技术知识的积累,以此作为提高技术创新能力的基础.在知识经济的环境下,企业更应该及时更新知识储备,只有这样才能不断优化产品结构和功能,从而提高企业绩效^[15].实践表明医药企业应通过多种方式更新知识积累,一方面积极开展自主创新活动,对企业内部的技术管理人员进行培训;另一方面注重外部知识的获取,通过兼并或者战略联盟等形式进行知识的交流与互动,为企业注入新的知识积累,保持企业的技术创新能力。

第三,医药企业过度的投入研发人员并不能真正提升企业的技术创新能力.对于医药这种知识密

集型行业,研发人员的投入不在数量而更多地在于质量的控制.医药企业应做好后期研发人员的知识更新和适当激励,如积极开展产学研项目,对研发人员进行培训和晋升,以有效提高技术创新能力.

参考文献:

- [1] 董鹏,季伟.扒开“工业 4.0”的华丽外衣[J].企业管理,2014(11):12-15.
- [2] Kyläheiko K, Jantunen A, Puumalainen K, et al. Innovation and internationalization as growth strategies: The role of technological capabilities and appropriability [J]. International Business Review, 2011,20(5):508-520.
- [3] 许小东.技术创新内驱动力机制模式研究[J].数量经济技术经济研究,2002,19(3):76-78.
- [4] 李永,孟祥月,王艳萍.政府 R&D 资助与企业技术创新——基于多维行业异质性的经验分析[J].科学学与科学技术管理,2014,35(1):33-41.
- [5] 傅家骥,洪后其.企业家精神的培养与技术创新扩散[J].中外管理导报,1990(2):4-11.
- [6] 张曙.技术创新——企业发展的原动力[J].机械工程学报,2000,48(1):2-6.
- [7] 许志晋,凌奕杰,宋凤珍.企业技术创新能力的模糊综合评判[J].科学学研究,1997,15(1):105-110.
- [8] 曹兴,张云,张伟.战略性新兴产业自主技术创新能力形成的动力体系[J].系统工程,2013,31(7):78-86.
- [9] 何勤,苏子仪.我国医药产业技术创新的模式[J].科研管理,1997,18(2):36-41.
- [10] 张庆霖,郭嘉仪.政府规制、买方势力与技术创新:中国制药产业的研究[J].当代财经,2013(6):98-109.
- [11] 曹阳,柳鹏程.我国制药业技术创新与知识产权保护关系的实证分析[J].企业经济,2014(2):136-139.
- [12] 吴传荣,曾德明,陈英武.高技术企业技术创新网络的系统动力学建模与仿真[J].系统工程理论与实践,2010,30(4):587-593.
- [13] 李娜.基于系统动力学的我国企业技术创新研究[D].西安:长安大学,2012.
- [14] 赵皎卉,蔡虹.技术创新专有化手段交互作用的实证研究[J].管理科学,2014,27(1):1-10.
- [15] 邱平.国有科技型企业产品研发管理过程问题分析[J].上海理工大学学报,2013,35(6):607-613.

(编辑:丁红艺)