

基于哈肯模型新能源汽车产业创新生态系统演化动力分析

王 珍

上海工程技术大学, 上海

收稿日期: 2022年11月14日; 录用日期: 2023年1月28日; 发布日期: 2023年2月6日

摘 要

本文基于演化视角, 以我国新能源汽车产业创新生态系统演化动力为研究对象, 基于技术供给、市场需求、政策支持三个变量构建创新生态系统演化动力模型, 基于哈肯模型对新能源汽车产业创新生态系统演化动力进行实证, 实证分析选取2017~2020年各个地区的面板数据, 从研究结果可以看出新能源汽车产业创新生态系统演化动力的序参量为技术供给动力导向、市场需求动力和政策支持动力为新能源汽车产业创新生态系统演化的快变量。最后, 研究为新能源汽车产业创新发展和转型升级提供理论指导和现实参考。

关键词

创新生态系统, 新能源汽车, 哈肯模型, 自组织理论

Evolution Dynamic Analysis of Innovation Ecosystem of New Energy Vehicle Industry Based on Haken Mode

Zhen Wang

Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Nov. 14th, 2022; accepted: Jan. 28th, 2023; published: Feb. 6th, 2023

Abstract

Based on the evolutionary perspective, this paper takes the evolutionary dynamics of the innovation ecosystem of the new energy vehicle industry as the research object, constructs an evolution-

nary dynamics model of the innovation ecosystem based on three variables: technology supply, market demand and policy support, and empirically conducts an empirical study on the evolutionary dynamics of the innovation ecosystem of the new energy vehicle industry based on the Haken model. Panel data of each region from 2017 to 2020 were selected for empirical analysis. From the research results, it can be seen that the order parameters of the evolutionary force of the innovation ecosystem of the new energy vehicle industry are the technology supply force orientation, and the market demand force and policy support force are the fast variables of the evolution of the innovation ecosystem of the new energy vehicle industry. Finally, the study provides theoretical guidance and practical reference for the innovative development, transformation and upgrading of the new energy vehicle industry.

Keywords

Innovation Ecosystem, New Energy Vehicles, Haken Model, Self Organizing Theory

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

随着新一轮科技革命的快速发展，新能源汽车产业发生了根本性变化，2020年10月，国务院发布《新能源汽车产业发展规划(2021-2035)》强调跨行业、跨领域融合创新成为新能源汽车产业发展的时代特征，鼓励跨界协同、构建市场主体深度合作的开发与应用生态[1]。产业科技创新融合与产业格局迎来新阶段，原本线性的创新模式逐渐演化为网状的创新生态。一方面，随着互联网和半导体等科技行业跨界进入，传统行业竞争格局被打破，线性竞争格局转变为网状生态。另一方面，新能源汽车产业涉及到未来能源、未来科技、未来交通以及未来社会的发展，产业的内涵与外延不断扩展、市场需求规模不断扩大，新能源汽车产业发展成为我国未来经济发展的重要支柱性产业，也是我国汽车产业从“跟跑”变“领跑”的突破口与转折点。

数字经济时代，企业频繁跨界突破创新生态的边界行为已经成为创新的新动力[2]，不同技术领域之间的边界随着技术与产业发展不断被打碎重建，不同类型的企业不断汇聚，新能源汽车产业生态逐渐演变为多主体参与的巨型网状生态[3]。目前我国新能源汽车产业迎来发展的最好成长期，一方面经济发展水平的增长为汽车保有量的增长提供了经济保障，能源、环境问题倒逼市场需求拉动新能源汽车产品升级转化。另一方面政策推动新能源汽车行业、资本的大量涌入和产业链不断完善为新能源汽车行业带来无限商机。虽然不少学者对新能源汽车产业生态系统做了相关总结和分析，但仍缺少对产业生态系统演化动力的机理分析，因此，本文基于自组织理论，从生态视角把握新能源汽车产业发展动力，定量分析我国新能源汽车产业创新生态系统的演化动力，以期探寻提升新能源汽车产业价值的途径，为产业创新发展提供理论参考。

2. 相关文献梳理与研究动态

学者从不同视角研究创新生态系统，Ander 从结构方面指出创新生态系统是由产业上下游企业组成[4]，Hienerth 指出，创新生态系统可以实现企业研发创新互动[5]。胡登峰等认为新兴技术和政府及市场力量深刻影响产业创新生态系统实现由萌芽到成熟转变[6]。刘颖琦基于创新网络关系视角认为新能源汽

车产业创新生态系统的创新主体可以分为研究、开发与应用三大类[7]。王明等提出创新-需求-政策框架从创新生态系统的角度来研究产业可持续发展的动力,结果表明技术创新、市场需求、政策支持是推动新能源汽车产业发展的动力[8]。李磊和郭燕青等以创新主体和创新环境为抓手,以此构建我国的新能源汽车产业创新生态系统模型[9]。刘国巍等将新能源汽车产业创新生态系统比作“网络中的网络”,基于复合系统协调模型剖析新能源汽车产业创新系统的脆弱性[10]。任海英等通过系统动力学对我国新能源汽车产业系统进行仿真分析[11]。邵留国等基于系统动力学情景模拟,得出补贴、技术供给能够控制产量进而引发产业系统震荡[12]。张锦程等认为我国新能源汽车产业创新生态系统是一个协同演化的过程[13]。高建刚运用产业创新系统理论框架明晰了制度失灵、技术失灵、行动者网络失灵将导致中国新能源汽车产业创新系统的失灵,制约产业发展[14]。

综上可知,现有学者对新能源汽车产业创新生态系统的研究大多局限于基础性概念分析,对生态系统内部动力机理的研究涉及较少,鲜有的关于新能源汽车产业创新生态系统动力机制的研究也多以描述性分析居多,缺乏定量的实证分析。基于此,文章基于哈肯模型建立新能源汽车产业创新生态系统演化动力模型,并以2017~2020年各省市的面板数据为样本进行定量分析,探究影响新能源汽车产业创新生态系统演化的决定因素。

3. 新能源汽车产业创新生态系统的自组织性分析

新能源汽车产业创新生态系统是一个复杂的动态演化系统,以技术创新为本质和核心,以分工合作为基础,由于汽车产品的特点决定了其需要组织各专业性企业相互协作生产,基于产业内部的交互合作与竞合博弈关系,系统内部生产活动与交易活动同时进行,为了降低资源传递的成本,提升技术资源传递效率,产业逐渐构建起创新生态系统,通过创新生态系统加快创新要素流动,提升产业整体竞争优势。整体来看,新能源汽车产业创新生态系统具有明显的复杂适应系统属性,可以运用自组织性进行分析。

我国新能源产业具有开放性的措施和形式,在产业布局上已经形成北上广三足鼎立、中西部崛起的格局。所形成的新能源汽车产业创新生态系统并非是简单线性发展起来的企业群落,而是包含新能源汽车龙头企业、整车、关键零部件、应用、配套的完整全产业链条,是一个由低级向高级、无序到有序的密切联系的组织网络。由于系统内部涉及多个子系统且发展阶段和水平有所差异,总体表现即远离平衡态、非均匀、不单一的趋势,系统内的各子系统不仅受到外部环境、技术资源、市场需求以及政策支持等多方面因素的共同影响,当影响程度达到系统临界值、系统就具有涨落有序的特点。如当产业生态系统内部的市场环境或技术环境发生重大变化,都会改变影响环境向系统输入的资源、能量、物质,继而改变产业生态系统的稳定状态。根据自组织理论,新能源汽车产业生态系统的平衡态势会在内部这种非线性作用影响下失衡。当系统的控制参量达到临界值,在随机涨落因素的触发下,序参量就能决定系统演化,将系统结构由一个非系统、不单一、非平衡的状态转向为新的更有序、更高级的结构。这种动态变化具有自适应性,即演化具有自组织性。

3.1. 新能源汽车产业创新生态系统具有开放性特征

开放性,意味着新能源汽车产业创新生态系统不是一个静态的完全封闭的结构,系统内部与外部随时进行着交互作用,新能源汽车产业通过产业集聚、资源网络的扩展实现系统的不断完善与发展,在信息和资源循环流通的过程中不断迸发出新的元素与新技术的诞生。如新能源汽车的动力来源种类多元,太阳能、风能和水能以及更广泛的可再生资源或将推动氢能成为新能源汽车下一个阶段的主要燃料,未来还会有其他各种各样的能源,这些新原料的出现和发展将会不断更新新能源汽车产业创新生态系统的组成和运作方式。

3.2. 新能源汽车产业创新生态系统具有非线性特征

非线性，非线性作用是新能源创新生态系统演化的内在本质和动因，新能源汽车产业创新生态系统内有多个子系统，在生产活动和交易活动中，各系统之间要素资源和系统资源之间呈非线性交互作用，产业生态系统中各部分资源并不是简单汇总相加，而是在竞合机制作用下推动系统宏观上的演化。如在新能源创新生态系统中技术变量发生变化时，产业内部的研发、生产部门及各部门间的反馈和协同机制便会立刻启动，在这种反馈和协同机制作用下系统又会发生新的非线性变化。

3.3. 新能源汽车产业创新生态系统具有非平衡性特征

远离平衡性：新能源汽车产业生态系统是一个复杂巨型网络，各主体资源要素禀赋不同，在如今互联网提供的发达信息沟通渠道条件下，产品研发周期较之以往慢慢减短，技术发展涉及的内容越来越复杂，技术创新的复杂性日益增加，市场对技术创新在速度、层次上的要求普通企业很难凭借一己之力达到，所以企业持续与外边资源链接，新能源汽车产业创新生态系统的构建与形成并非静止孤立与静止状态，在系统演化过程中，它与外界联系密切，随时间呈现不同程度的多样性和非均匀性变化。

3.4. 新能源汽车产业创新生态系统具有随机涨落特征

随机涨落性：新能源汽车产业创新生态系统以技术为核心，并受系统外部环境和内部等多重因素影响，在远离平衡的竞合关系开放性演化过程中，系统状态会偏离稳定值，变成随机涨落，而涨落是系统演化的内部诱因，为系统走向更高有序状态提供建设性的作用。系统内技术供给、市场需求、政策支持的持续变化等非线性作用在系统临界值处不断被放大，各要素涨落相匹配，形成序参量主导整个系统的演化方向。如新能源汽车产业创新生态系统在技术创新为导向的目标下，很多车企和新能源相关企业都在新能源汽车产品的技术创新上投入了大量的资源，但也伴随着关键技术和核心技术创新投入偏少、产品准入条件偏低、产品持续创新偏低、后续产品升级乏力、充电基础设施配套不足等一系列突出问题，这些内部和外部的作用下，涨落普遍存在。

4. 新能源汽车产业创新生态系统演化动力机制模型构建

动力是使有机体行为发生目的性改变的根本性力量，新能源汽车产业创新生态系统演化的动力机制是指推动系统演化的力量。随着新一代技术革命的不断发展，新能源汽车庞大的市场需求与迫切的技术应用供给以及政策支持为新能源汽车产业创新提供了强劲的力量，在创新生态系统演化过程中，动力机制是保证系统能够持续性向更高级结构演化的关键，因此对创新生态系统动力机制的研究是具有十分重要的实践与理论意义的。根据对新能源汽车产业创新的相关文献研究，技术的突破与创新是产业创新的源泉，产学研三者通过研发产生技术创新与突破，进而影响企业家生产的运行方式，以满足市场需求为利润目标导向，政府也可以对产业给予补贴支持和政策引导支持促进产业创新。因此，可以将新能源汽车产业创新生态系统看作是一个进行能量与价值交换的复杂系统，该系统可以进一步分解为技术供给引擎、市场需求引擎、政策推动引擎三个组成部分，三者相互作用共同推进新能源汽车产业创新生态系统的运行与演化，而系统之外的因素不属于本文的分析范围。新能源汽车产业创新生态系统演化动力模型如图1所示，系统演化由技术供给导向、市场需求导向、政策支持动力共同构建。

新能源汽车产业创新生态系统各参与方的利益获取动机引发系统的自组织性，根据利益预期和反馈来调整各自行为，进而寻求并维护组织整体的平衡态势。如系统内的技术供给改变了资源要素配比和生产的运行方式，寻求以新产品的生产满足市场需求为目标导向，进而实现创新价值，政策支持主要体现在颁布的各项新能源汽车相关政策、法律法规以及R&D财政投入等，财政资金的投入使得新能源汽车企

业、大学和研究机构加大技术研究。随着技术水平的提高，新能源汽车产业创新生态系统也会进一步演化、技术推进市场进行商业化，提高新能源汽车产品的吸引力，刺激消费者购买意愿，提高市场需求，最终实现创新利润与国家税收增加。而创新利润的增加则会再次推动新能源汽车企业加大技术研发投入，国家税收增长会促使政府加大扶持力度。新能源汽车产业创新生态系统的发展是一个开放循环的过程，通过能源流动实现创新成果的转化，从而扩大系统规模和系统效益。但系统属于开放性系统，技术供给、市场需求以及政策支持任一方的变化都会给系统稳定性带来相当大的冲击，涨落由此生成，在序参量的役使作用下，系统进行结构性演化，由此运用哈肯模型进行分析。

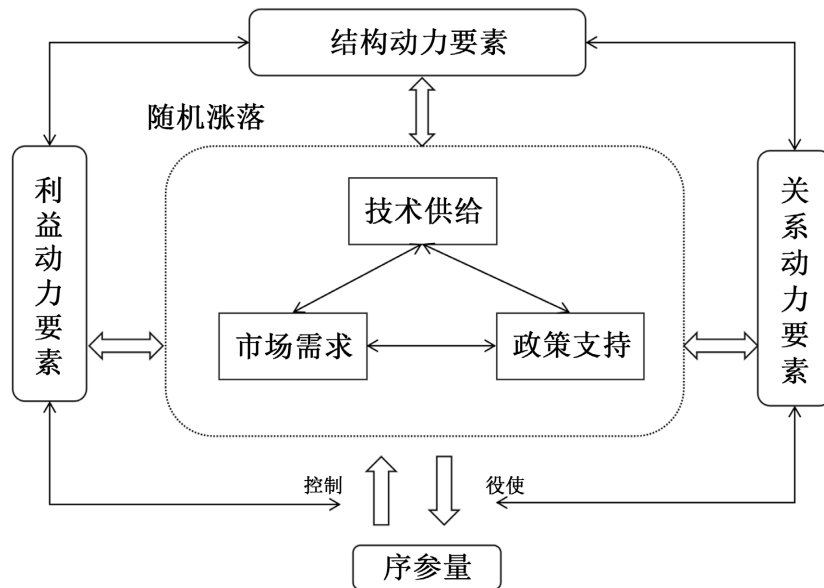


Figure 1. Evolutionary dynamics model of innovation ecosystem of new energy automobile industry
图 1. 新能源汽车产业创新生态系统演化动力模型

5. 基于哈肯模型的新能源汽车产业创新系统演化动力模型分析

哈肯模型在物理学中表示系统在驱动力作用下能够有组织的演化，具体形式是以数学形式来描述系统内部不同变量相互作用使系统向更有序状态演化的过程，即系统内部变量相互作用过程中，快变量被序变量控制促使系统非线性作用下形成新结构的过程[15]。本文考虑到系统演进过程是非线性的动态的过程，影响系统运动的参数或因素的性质和影响力存在差异和不平衡性，其中决定系统结构发展的是序变量，在整个复杂系统演化过程中起关键性影响作用[16]。通常情况下一个系统中通常包含了 q_1 、 q_2 两个变量，起决定性作用的为序参量，序参量控制、役使其他子系统的运动，但其他子系统的运动也同时影响序参量的变化，在这种非线性作用下系统发生突变即“系统的失衡性” [17]。

本文基于自组织理论，通过构建创新生态系统动力模型，即以技术供给、市场需求、政策推动三方构建动力子系统。运用哈肯模型估计序参量方程和演化方程，探究影响系统演化的主动力。假设系统的两个子系统的主导参量分别为 q_1 、 q_2 ，不考虑随机涨落性，得到表示两个子系统之间相互作用的演化方程：

$$q_1' = -\lambda_1 q_1 - a q_1 q_2 \tag{1}$$

$$q_2' = -\lambda_2 q_2 + b q_1^2 \tag{2}$$

其中 λ_1, λ_2 为两个系统演化的阻尼系数， $-a q_1 q_2$ 表示系统协同的非线性作用， $b q_1^2$ 表示 q_1 对 q_2 的作用力。此时，由上述模型可以得到系统的一个定态解为 $q_1 = q_2 = 0$ 。当 $\lambda_2 \geq \lambda_1$ ，且 $\lambda_2 > 0$ 时，满足“绝热近似

原理”，表明 q_2 为阻尼系数大的迅速衰减的快变量，因此采用绝对消去法来确定序参量，令 $q_2' = 0$ ，由式(2)得

$$q_2 \approx \frac{b}{\lambda_2} q_1^2 \quad (3)$$

它表示在系统演进过程中， q_1 子系统支配了 q_2 系统，因此 q_1 是系统的序参量，决定系统的演化。将式(3)代入式(1)，得到系统的演化方程为：

$$q_1' = -\lambda_1 q_1 - \frac{ab}{\lambda_2} q_1^3 \quad (4)$$

对式(4)的相反数积分解出势函数为：

$$V = \frac{1}{2} \lambda_1 q_1^2 + \frac{ab}{4\lambda_2} q_1^4 \quad (5)$$

方程存在 3 个解：

$$q_1^* = 0 \quad (6)$$

$$q_1^{**} = \sqrt{\left| \frac{2\lambda_1\lambda_2}{ab} \right|} \quad (7)$$

$$q_1^{***} = -\sqrt{\left| \frac{2\lambda_1\lambda_2}{ab} \right|} \quad (8)$$

由于 q_1^* 是不稳定的解，现实分析中一般不予考虑。 q_1^{**} 和 q_1^{***} 是稳定解，表明系统可通过突变进入到新的稳定态，实际应用中可将哈肯模型离散化为：

$$q_1(k+1) = (1-\lambda_1)q_1(k) - aq_1(k)q_2(k) \quad (9)$$

$$q_2(k+1) = (1-\lambda_2)q_2(k) + bq_1(k)q_1(k) \quad (10)$$

5.1. 变量的选取及数据来源

本文从技术供给动力 TP、市场需求动力 MP、政府支持动力 GP 三个层面构建新能源创新生态系统演化动力模型，考虑到数据收集的可行性和科学性，新能源汽车产业创新生态系统三大动力所对应的观测指标如表 1 所示。所有的指标均来源于国家统计局、中国汽车工业统计年鉴、中国专利数据库，具有一定的代表性。由于新能源汽车产业是新兴产业，缺乏多年度的整体行业统计数据，本文选取了 2017~2020 年我国 25 个省(市)的面板数据进行演化动力分析。数据选取不包含西藏、宁夏等自治区及港澳台地区，涉及到的相关指标有 3 个：新能源汽车专利申请授权量(TP)、地方财政科学技术支出(新能源汽车领域)(GP)、新能源汽车销售辆(MP)，时间跨度为 4 年，最终总数据为 300 个，数据来源 2016~2019 年的《中国汽车工业年鉴》《中国统计年鉴》《中国专利数据库》。

在新能源汽车产业创新生态系统中，政府政策可以用政府补贴力度和税收优惠力度这两大主要内容来衡量，技术上技术创新可以用专利授权量来表示，市场需求则用新能源汽车销量数据进行衡量，所以本文对新能源汽车产业创新生态系统的动力机制主要从这三方面数据进行分析。其中，专利是衡量企业技术能力最具代表的指标之一，根据清华大学全球产业研究院发布《新能源汽车全球观察报告》将新能源充电技术、混合动力系统、燃料电池、动力电池、驱动电池、整车能耗控制技术作为新能源汽车领域关键性技术收集其专利数据。

Table 1. Indicator system for the evolution of the innovation ecosystem of the new energy automobile industry
表 1. 新能源汽车产业创新生态系统演化动力指标体系

动力指标	观测指标	经济意义	指标来源
技术供给推动力 TP	专利授权量	应用技术成果	科技统计年鉴
市场导向动力 MP	新能源汽车市场销量	市场对产品的需求	国家科技统计网
政府支持动力 GP	地方财政科学技术支出	政府财政支持	国家知识产权中心

5.2. 数据检验

根据本文构建新能源汽车产业创新生态系统演化动力模型，并通过实证分析进一步明确现阶段新能源汽车产业创新生态系统演化过程中的关键性动力，对技术供给、市场需求、政策推动三个动力中的参量进行分析。为了避免面板数据伪回归现象带来变量之间呈虚假不可靠的经济关系，先对数据的平稳性和协整性进行检验再进行面板数据广义矩估计。

5.2.1. 单位根检验

本文对收集到的面板数据选取了相同根情况下 LLC (Levin-Lin-Chu)单位根检验和不同根情况下的 Im,Pesaran and Shin W-stat、ADF-Fisher Chi-square、PP-Fisher Chi-square 检验对面板数据的不同截面进行单位根检验，检验结果如图 2 所示。LLC (Levin-Lin-Chu)、Im, Pesaran and Shin W-stat、ADF-Fisher Chi-square、PP-Fisher Chi-square 几种检验方法的结果表明，在 5%的置信区间，拒绝面板数据非平稳的假设，表明收集到的面板数据为平稳面板数据可以进行后面的分析。

方法	统计值	P值	观测变量
Levin-Lin-Chu	-3.31238	0.0000	300
Im,Pesaran and Shin W-stat	-5.39237	0.0000	300
ADF-Fisher Chi-square	114.642	0.0000	300
PP-Fisher Chi-square	111.815	0.0000	300

Figure 2. Unit root test

图 2. 单位根检验

5.2.2. 序参量识别

本文选取技术供给、市场需求、政策推动三个变量，而哈肯模型的变量要求为两个，需要对 TP 与 MP、TP 与 GP、MP 与 GP 三对演化动力变量之间两两分析。模型方程均利用 Eviews10 进行实际的操作。结果如图 3 所示。

5.3. 实证结果分析

从估计的结果看，满足系统绝热的模型有 1、3、5，综合所有的结果来看，三个动力的最终排序为 TP、MP、GP，因此我国新能源创新生态系统的动力序参量为 TP，MP、GP 为快变量。技术供给 TP 导向动力为新能源汽车产业创新生态系统演化的序参量，这个结果主要是技术驱动对产业创新行为起到了重要的作用，这种行为以产业进行颠覆式创新为前提和基础，模型 1 中的 α 为正值，说明现阶段的市场需求动力 MP 并未对新产品的技术供给发挥应有的推动作用，也体现了现有的市场需求动力相对不足。模型 3 的 α 为正值，说明政府政策推动力有待加强。

模型参量	运动方程	方程参数	结论
q1=TP q2=MP	$q_1(k+1) = 1.153q_1(k) - 0.22q_1(k)q_2(k)$ $q_2(k+1) = 0.649q_2(k) + 0.102q_2(k)q_2(k)$	$\lambda_1 = -0.153, a = 0.22$ $\lambda_2 = 0.315, b = 0.102$	方程成立, 符合绝热近似原理, 所以模型假设成立
q1=MP q2=TP	$q_1(k+1) = 0.294q_1(k) + 0.614q_1(k)q_2(k)$ $q_2(k+1) = 0.989q_2(k) - 0.094q_2(k)q_2(k)$	$\lambda_1 = 0.706, a = -0.614$ $\lambda_2 = 0.011, b = -0.094$	方程成立, 不符合绝热近似原理, 所以模型假设不成立
q1=TP q2=GP	$q_1(k+1) = 0.935q_1(k) - 0.057q_1(k)q_2(k)$ $q_2(k+1) = 0.227q_2(k) - 2.53q_2(k)q_2(k)$	$\lambda_1 = 0.065, a = 0.057$ $\lambda_2 = 0.773, b = -2.53$	方程成立, 符合绝热近似原理, 所以模型假设成立
q1=GP q2=TP	$q_1(k+1) = 0.995q_1(k) - 0.041q_1(k)q_2(k)$ $q_2(k+1) = 0.997q_2(k) - 0.002q_2(k)q_2(k)$	$\lambda_1 = 0.005, a = 0.041$ $\lambda_2 = 0.003, b = -0.002$	方程成立, 不符合绝热近似原理, 所以模型假设不成立
q1=MP q2=GP	$q_1(k+1) = 0.991q_1(k) + 0.007q_1(k)q_2(k)$ $q_2(k+1) = 0.987q_2(k) - 0.022q_2(k)q_2(k)$	$\lambda_1 = 0.009, a = -0.007$ $\lambda_2 = 0.013, b = -0.022$	方程成立, 符合绝热近似原理, 所以模型假设成立
q1=GP q2=MP	$q_1(k+1) = 0.995q_1(k) - 0.041q_1(k)q_2(k)$ $q_2(k+1) = 0.997q_2(k) - 0.002q_2(k)q_2(k)$	$\lambda_1 = 0.005, a = 0.041$ $\lambda_2 = 0.003, b = -0.002$	方程成立, 不符合绝热近似原理, 所以模型假设不成立

Figure 3. Analysis of results of order parameter identification

图 3. 序参量识别结果分析

6. 结果及建议

文章借鉴自组织理论与演化思想, 构建新能源汽车产业创新生态系统演化动力的哈肯模型。通过序参量识别, 探究影响新能源汽车产业创新生态系统演化的决定性因素为技术供给, 市场需求以及政策支持是新能源汽车产业创新生态系统演化的快变量, 在系统演化过程中需要三者共同作用。得出以下结论及建议:

第一, 本文通过序参量识别, 明晰了技术供给是现阶段新能源汽车产业创新生态系统的演化的序参量, 这个结果主要是因为技术主导的创新主要强调技术赋能、技术更迭对产业创新行为起到了自我强化的重要作用, 这种行为通常为企业进行颠覆性创新的前提和基础。

第二, 根据实证结果可知, 在新能源汽车产业创新生态系统演化过程中, 序参量虽然在很大程度上支配着子系统的行动, 决定系统结构的演化。但序参量仍受到来自系统内部子系统动力要素耦合所形成合力的作用。通过合理设计动力要素配置, 进行动力要素的协同动态构建, 不断提升各子系统的协同性, 是实现系统向更加有序状态跃进的有效途径。因此, 应积极提升技术、市场、政策三方协同能力以适应系统的发展需求, 并完善作为序参量的技术供给对系统演化的正反馈机制, 推进新能源汽车产业创新生态系统演化进程。

第三, 进一步发挥技术驱动的动力作用, 加强技术资源的配置效率和技术创新主体间的协作能力。同时, 进一步扩大市场对新产品的导向作用、进一步搭建创新合作平台, 联合资助和政策保障机制, 坚持政产学研用协同发展, 发挥政府对新能源汽车产业在政策和服务方面的支撑作用。

参考文献

- [1] 王琴英, 王杰. 政策支持对中国新能源汽车产能利用率的影响效应研究[J]. 工业技术经济, 2021, 40(8): 142-150.
- [2] 于畅, 李佳雯. 数字经济时代企业边界突破的逻辑与路径[J]. 商业经济研究, 2021(4): 106-110.
- [3] 高运胜, 金添阳. 新形势下中国新能源汽车国际竞争力分析[J]. 国际经济合作, 2021(4): 65-76.
- [4] Adner, R. and Kapoor, R. (2010) Value Creation in Innovation Ecosystems: How the Structure of Technological Interdependence Affects Firm Performance in New Technology Generations. *Strategic Management Journal*, 31, 306-333. <https://doi.org/10.1002/smj.821>
- [5] Hienerth, C., Lettl, C. and Keinz, P. (2014) Synergies among Producer Firms, Lead Users, and User Communities: The Case of the LEGO Producer-User Ecosystem. *Journal of Product Innovation Management*, 31, 848-866.

<https://doi.org/10.1111/jpim.12127>

- [6] 胡登峰, 冯楠, 黄紫微, 郭嘉. 新能源汽车产业创新生态系统演进及企业竞争优势构建——以江淮和比亚迪汽车为例[J]. 中国软科学, 2021(11): 150-160.
- [7] 刘颖琦. 新能源汽车产业联盟中企业-大学关系对技术创新的影响[J]. 管理世界, 2011(6): 182-183.
- [8] 王明, 吴幸泽. 战略新兴产业的发展路径创新——基于创新生态系统的分析视角[J]. 科技管理研究, 2015, 35(9): 41-46.
- [9] 李磊, 郭燕青. 我国新能源汽车产业创新生态系统构建研究[J]. 科技管理研究, 2014, 34(23): 59-63.
- [10] 刘国巍, 邵云飞, 阳正义. 网络的视角下新能源汽车产业链创新系统协同评价——基于复合系统协调度和脆弱性的整合分析[J]. 技术经济, 2019, 38(6): 8-18.
- [11] 任海英, 程善宝, 黄鲁成. 区域新兴技术产业化的系统动力学研究——以新能源汽车产业为例[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(13): 39-43.
- [12] 邵留国, 王子杨, 蓝婷婷. 中国新能源汽车产业震荡的形成机制与对策[J]. 资源科学, 2022, 44(7): 1316-1330.
- [13] 张锦程, 方卫华. 政策变迁视角下创新生态系统演化研究——以新能源汽车产业为例[J]. 科技管理研究, 2022, 42(11): 173-182.
- [14] 高建刚. 中国新能源汽车产业创新系统的发展与失灵研究[J]. 情报杂志, 2019, 38(12): 77-85+91.
- [15] 代冬芳, 俞会新. 基于哈肯模型区域创新生态系统演化动力实证分析[J]. 工业技术经济, 2021, 40(6): 36-42.
- [16] 高怡冰. 珠三角城市群协同创新的驱动因素——基于哈肯模型的动态分析[J]. 科技管理研究, 2020, 40(22): 85-93.
- [17] 曲娜, 王孟钧. 工程项目组织演化动力机制模型的构建与分析[J]. 铁道科学与工程学报, 2011, 8(3): 88-91.