

多层创新网络结构洞特征对组织创新绩效的影响

——来自新能源汽车领域的实证分析

王崇锋¹ 崔运周¹ 尚哲²¹

(1. 青岛大学 商学院, 山东 青岛 266000;

2. 北京师范大学 政府管理学院, 北京 100875)

【摘要】: 基于 1997-2019 年我国新能源汽车领域专利申请数据, 采用复杂网络方法构建组织合作网络、成员合作网络以及知识融合网络 3 类创新网络, 并量化 3 类网络中的结构洞特征。在此基础上, 采用面板负二项回归模型实证分析组织合作网络、成员合作网络以及知识融合网络结构洞特征对组织创新绩效的影响。结果表明: 仅考虑直接作用时, 组织合作网络与知识融合网络结构洞特征对组织创新绩效具有显著正向影响, 且知识融合网络结构洞特征对组织创新绩效的影响程度更大。在进一步考虑交互作用后, 组织合作网络、成员合作网络以及知识融合网络结构洞特征的两两交互项均对组织创新绩效具有显著正向影响, 其中, 成员合作网络与知识融合网络的交互作用对组织创新绩效影响最大。结构洞特征替换为聚集性特征后, 研究结论依旧稳健。最后, 基于多层创新网络优化视角提出相应的政策建议。

【关键词】: 组织合作网络 成员合作网络 结构洞特征 组织创新绩效

【中图分类号】: F403.6 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-7348(2020)24-0071-09

0 引言

发展新能源汽车, 是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路, 也是应对气候变化、推动绿色发展的重要举措。2012 年国务院发布实施的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020 年)》指出, 我国新能源汽车领域整车与核心零部件关键技术尚未完全掌握, 应大力加强核心技术研究, 鼓励企业、高校与研究机构在新能源汽车基础与前沿技术领域开展合作。经过多年努力, 我国新能源汽车领域技术水平显著提升, 政府、高校、企业、行业、科研机构五位一体协同发展大幅提升国内新能源汽车企业竞争力, 产销量、保有量已连续 4 年居世界首位。随着国内新能源汽车普及, 地方和国家补贴大幅降低, 而新能源汽车领域关键技术供应依然不足。其中, 电池技术作为新能源汽车领域技术竞争的战略核心^[1], 已成为新能源汽车技术发展的最大瓶颈。在实践中, 我国动力电池市场依然是锂离子电池主导, 其中, 比亚迪的磷酸铁锂动力电池与宁德时代的三元锂电池占据国内乘用车装机的主要市场, 前者安全性高但能量密度低, 后者能量密度高但稳定性差, 均与国际技术水平有一定差距^[2-5]。2019 年工信部起草的《新能源汽车产业发展规划(2021-2035 年)》(征求意见稿)进一步提出, 实施动力电池技术突破行动, 以融合创新为重点, 大力突破核心技术, 使我国进入汽车强国之列。因此, 如何提升新能源汽车领域技术创新能力成为学界与实务界共同关注的问题

作者简介: 王崇锋(1978-), 男, 山东青岛人, 博士, 青岛大学商学院教授、硕士生导师, 研究方向为案例研究、创新网络;

崔运周(1995-), 男, 山东枣庄人, 青岛大学商学院硕士研究生, 研究方向为创新网络;

尚哲(1988-), 女, 山东德州人, 博士, 北京师范大学政府管理学院讲师, 研究方向为组织管理。

基金项目: 国家社会科学基金项目(20BGL041); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2019NTSS37)

罗家德^[9]指出,个体往往是脆弱的,而网络常常是稳健的。在产学研用协同技术创新体系建立过程中,尤其应当考虑组织所嵌入的内外部创新网络。因此,在知识经济时代,基于创新网络视角研究组织创新问题成为学界关注的热点。根据节点与联结不同,创新网络主要分为组织合作网络、成员合作网络以及知识融合网络^[10-12]。目前,学界研究分别讨论3类创新网络的结构洞特征^[13-15]、中心性特征^[16-18]等网络结构变量对组织创新绩效的影响,并得出了丰富的研究结论。然而,现有研究大多集中讨论组织合作网络、成员合作网络、知识融合网络3类创新网络对组织创新绩效的直接影响,鲜有研究系统整合组织合作网络、成员合作网络、知识融合网络于同一框架,对于多层创新网络影响程度差异对比以及多层创新网络在影响组织创新绩效过程中的交互效应考虑不足。因此,本文重点讨论3类创新网络在影响组织创新绩效过程中的交互作用,并基于3类创新网络对组织创新绩效的直接作用与交互作用的影响程度进行对比分析。

后文主要研究内容如下:第一部分为创新网络研究阐述;第二部分分别论述组织合作网络、成员合作网络、知识融合网络结构洞特征对组织创新绩效的影响机理;第三、四部分为实证模型设定与实证结果分析;最后基于多层网络特征优化视角对新能源汽车领域提出的相应建议。

1 文献综述

组织合作网络以组织为网络节点,以组织间技术合作关系为网络联结;成员合作网络以组织内发明人为网络节点,以发明人间技术合作关系为网络联结;知识融合网络以组织拥有的知识要素为网络节点,以知识要素间组合关系为网络联结。学界分别围绕3类创新网络对组织创新绩效的影响展开讨论。

早期研究主要聚焦于讨论单一层次创新网络的影响。就组织合作网络而言,由于其在降低组织间交易成本与创新风险,以及促进组织间信息与知识资源获取等方面的作用^[19],越来越多的学者将其视为组织长远发展的关键^[20]。Schilling & Phelps^[21]研究发现,聚集性特征明显且平均路径长度较短的组织合作网络有利于组织创新绩效提高;李守伟和朱瑶^[22]、其格其等(2016)认为,组织合作网络的中介中心性特征、结构洞特征与聚集性特征均有利于组织创新绩效提高。就成员合作网络而言,Ahuja^[23]、Yan等^[24]分别就成员合作网络关系特征与局部嵌入特征对创新绩效的影响进行探究;王崇锋等^[25]指出,发明人在成员合作网络位置嵌入、关系嵌入与结构嵌入正向影响组织创新绩效。就知识融合网络而言,张晓黎等(2013)研究发现,知识融合网络结构洞特征有利于组织创新绩效提高;徐霞允等^[26]指出,知识融合网络密度、网络中心势等特征与组织创新绩效具有高度相关性。

此外,部分研究讨论了多层创新网络对组织创新绩效的共同影响。Yayavaram^[27]首次提出,创新活动同时嵌入合作网络与知识融合网络,应对其进行综合考察。就组织合作网络与知识融合网络而言,Guan & Liu^[28]探讨组织合作网络与知识融合网络直接关系、间接关系及非冗余性特征对组织创新绩效的共同影响。就成员合作网络与知识融合网络而言,Wang等^[29]围绕成员合作网络、知识融合网络的中心性特征与结构洞特征进行研究;付雅宁等(2018)研究知识融合网络结构洞特征、中心性特征在成员合作网络影响组织创新绩效过程中的调节作用;李健等^[30]通过对汽车领域的分析发现,知识融合网络聚集性特征在成员合作网络与组织创新绩效间具有调节作用。

综上所述,学界研究重点由讨论单一层次创新网络的影响逐步发展至讨论多层创新网络的影响。然而,现有研究依然以讨论单一层次创新网络结构特征对组织创新绩效的直接作用为主,对于多层创新网络影响组织创新绩效过程中的交互效应鲜有涉及。此外,Burt^[31]于1992年提出结构洞特征概念,以此刻画网络中的非冗余关系,随后引起学界广泛关注。在组织合作网络与成员合作网络中,结构洞特征反映了合作关系的非冗余性。在知识融合网络中,结构洞特征反映了知识组合关系的非冗余性。张辉和苏昕^[32]、Guan&Liu^[29]就组织合作网络、知识融合网络结构洞特征进行研究,分析两类网络非冗余关系对创新绩效的影响。由于结构洞特征在多层创新网络中具有明确含义,即结构洞特征反映了不同关系的非冗余性,而关系非冗余性对于组织创新具有重要影响^[33]。因此,本文将3类创新网络整合于同一研究框架中,基于1997-2019年我国新能源汽车领域专利申请数据,重点聚焦于结构洞

特征, 探讨多层创新网络对组织创新绩效的影响, 以期为新能源汽车领域创新发展提供理论支持, 本文理论研究框架如图 1 所示。

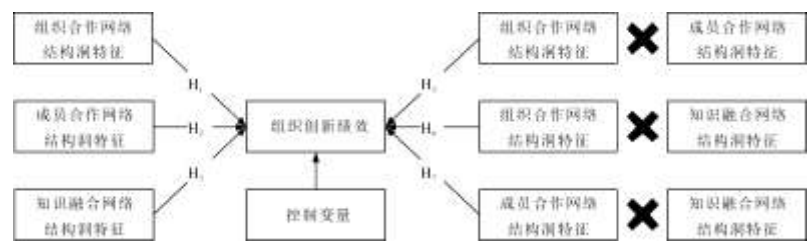


图 1 理论研究框架

2 理论基础与研究假设

2.1 组织合作网络结构洞特征对创新绩效的影响

组织合作网络结构洞特征描述了组织之间合作关系的非冗余性。当某一组织的组织合作网络结构洞特征较为显著时, 通常与该组织合作的其它组织之间较少存在合作关系, 即该组织拥有的合作关系具有较强的非冗余性。图 2 中, 组织 A 与组织 B、C、D 均存在合作关系, 而组织 B、C、D 之间不存在合作关系, 则组织 A 具有较为明显的组织合作网络结构洞特征。图 3 中, 组织 B、C、D 之间存在大量合作关系, 组织 A 具有的组织合作网络结构洞特征则相对较弱。当某一组织合作网络结构洞特征较为显著时, 通常该组织可以获得信息与控制两方面的优势。其中, 信息优势体现于该组织可获得的信息资源具有较强的异质性; 控制优势体现于该组织可阻断其它组织之间的信息资源传递, 进而占据信息不对称的优势方^[34]。对于组织创新而言, 获得异质性信息资源以及占据信息不对称的优势方均有利于组织创新绩效提升。综上, 本文提出以下假设:

H₁: 组织合作网络结构洞特征正向影响组织创新绩效。

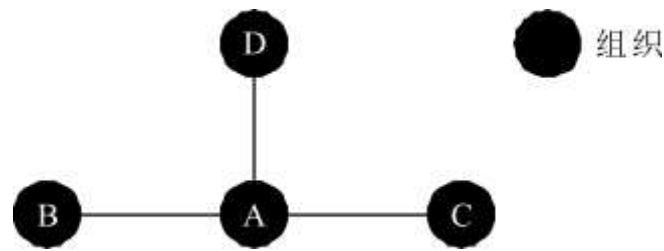


图 2 具有明显结构洞特征的组织合作网络

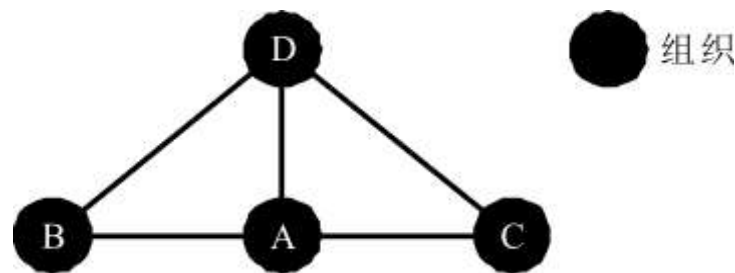


图 3 不具有明显结构洞特征的组织合作网络

2.2 成员合作网络结构洞特征对创新绩效的影响

与组织合作网络结构洞特征类似,成员合作网络结构洞特征描述了组织内部发明人之间合作关系的非冗余性。当某一发明人的成员合作网络结构洞特征较为显著时,通常与该发明人合作的其他发明人之间较少存在合作关系,即该发明人拥有的合作关系具有较强的非冗余性。由于组织通常包括多名发明人,因而探讨成员合作网络结构洞特征对组织创新绩效的影响,需要将各发明人的成员合作网络结构洞特征聚合于组织层面。当平均后组织发明人的成员合作网络结构洞特征较为显著时,各发明人获取的信息资源异质性较强^[35],差异化信息资源使得发明人更易产生创造性想法,进而有利于组织创新绩效提升。除此之外,较为显著的成员合作网络结构洞特征将促使组织内部发明人之间的沟通更有效率^[36]。发明人之间对相似信息资源进行大量重复传递的情况会较少出现,从而有利于组织创新绩效提升。综上,本文提出以下假设:

H₂:成员合作网络结构洞特征正向影响组织创新绩效。

2.3 知识融合网络结构洞特征对创新绩效的影响

知识融合网络结构洞特征描述了组织拥有知识要素之间组合关系的非冗余性。当某一知识要素的知识融合网络结构洞特征较为显著时,通常与该知识要素组合的其它知识要素之间较少存在组合关系,即该知识要素拥有的组合关系具有较强的非冗余性^[37]。与成员合作网络结构洞特征类似,组织通常拥有多个知识要素,因而探讨知识融合网络结构洞特征对组织创新绩效的影响,需要将各知识要素知识融合网络结构洞特征聚合于组织层面。当平均后组织拥有知识要素的知识融合网络结构洞特征较为显著时,意味着组织拥有大量技术领域相近但未曾组合过的知识要素。在后续创新过程中,组织可以采用组合式创新模式对上述知识要素进行组合^[38-39],进而提升组织创新绩效。综上,本文提出以下假设:

H₃:知识融合网络结构洞特征正向影响组织创新绩效。

2.4 多层创新网络结构洞对创新绩效影响的交互作用

H₁、H₂、H₃分别讨论了3类创新网络结构洞特征对组织创新绩效的直接作用,事实上,三者对组织创新绩效也可能存在交互作用。就组织合作网络与成员合作网络而言,结构洞特征显著的发明人在成员合作网络中能够获得小范围差异化信息资源,而结构洞特征显著的组织在组织合作网络中能够得到更大范围的差异化信息资源^[40],二者在促进组织创新绩效过程中具有互补作用。就组织合作网络与知识融合网络以及成员合作网络和知识融合网络而言,两类合作网络显著的结构洞特征可以保证组织在不同范围内获取差异化信息资源,而知识融合网络结构洞特征则可以保证差异化信息资源间拥有大量组合机会,且上述组合机会在后续组织创新过程中具有较强的组合便利性^[20,41]。因此,两类合作网络与知识融合网络的结构洞特征在促进组织创新绩效提升过程中也具有互补作用。综上,本文进一步提出以下假设:

H₄:组织合作网络结构洞特征与成员合作网络结构洞特征对组织创新绩效具有正向交互影响。

H₅:组织合作网络结构洞特征与知识融合网络结构洞特征对组织创新绩效具有正向交互影响。

H₆:成员合作网络结构洞特征与知识融合网络结构洞特征对组织创新绩效具有正向交互影响。

3 研究设计

3.1 多层创新网络构建

本文所涉及的多层创新网络包括组织合作网络、成员合作网络以及知识融合网络 3 类。参考杨博旭等^[38]的研究成果, 一项专利通常包括多名发明人及专利权人, 因而可以利用发明人间、专利权人间的合作关系构建成员合作网络与组织合作网络。其中, 成员合作网络以发明人为节点, 以发明人间的合作关系为联结; 组织合作网络以专利权人为节点, 以专利权人间的合作关系为联结。此外, 一项专利通常涉及多个知识要素, 参考 Yayavaram 等^[27]的研究成果, 将知识要素具体为专利分类号 (IPC) 后, 可进一步构建以知识要素为节点, 以知识要素间组合关系为联结的知识融合网络, 3 类创新网络关系如图 4 所示。

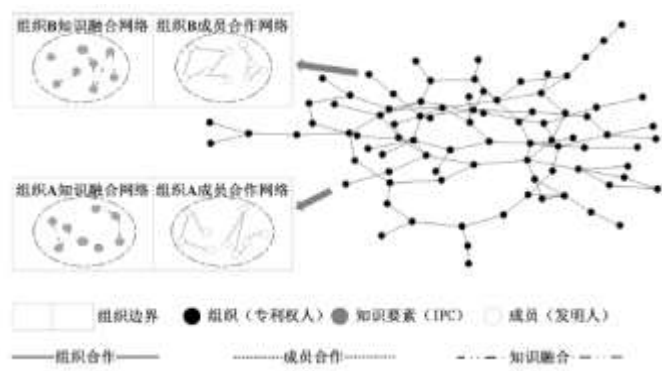


图 4 多层创新网络间的逻辑关系

3.2 数据来源

本文使用的我国新能源汽车领域专利数据来源于专利信息服务平台 (searc.cnipr.com), 数据筛选与处理如下:

- (1) 我国专利申请包括发明专利、实用新型和外观设计 3 个类别, 相较于其它两类专利, 发明专利的创新性更强, 在研究组织创新问题时被学界广泛采用^[42]。因此, 本文仅选取发明专利展开后续研究, 经筛选得到我国新能源汽车领域发明专利 248441 项。
- (2) 剔除国省代码标记错误数据, 选取专利申请数量排名前 20 的组织作为本文研究样本 (见表 1), 共包括专利申请数据 20141 条。其中, 14 家高校与科研机构专利申请数量占比为 65%, 6 家企业专利申请数量占比为 35%。
- (3) 参考曾德明等 (2020) 的研究, 本文以 5 年为时间窗口构建相应的多层创新网络 (如 1997-2003 年, 1998-2004 年等)。考虑到早期新能源汽车领域发展缓慢且专利申请数量较少, 以 1997 年为起始年份。

表 1 样本组织专利数量分布

编号	样本名称	类型	专利数量 (件)	专利数量占比 (%)
1	比亚迪股份有限公司	企业	2400	11.92
2	国家电网公司	企业	1591	7.90
3	清华大学	高校	1457	7.23
4	中国科学院大连化学物理研究所	研究机构	1262	6.27
5	中南大学	高校	1213	6.02
6	浙江大学	高校	1144	5.68

7	哈尔滨工业大学	高校	989	4.91
8	北京新能源汽车股份有限公司	企业	974	4.84
9	上海交通大学	高校	933	4.63
10	吉林大学	高校	884	4.39
11	华南理工大学	高校	869	4.31
12	北京理工大学	高校	815	4.05
13	宁德时代新能源科技股份有限公司	企业	808	4.01
14	武汉理工大学	高校	797	3.96
15	江苏大学	高校	785	3.90
16	天津大学	高校	713	3.54
17	东南大学	高校	657	3.26
18	宁德新能源科技有限公司	企业	635	3.15
19	浙江吉利控股集团有限公司	企业	618	3.07
20	南京航空航天大学	高校	597	2.96

3.3 变量

3.2.1 因变量

组织创新绩效有多种衡量指标,包括专利数量、新产品研发数量、新知识要素数量、新技术应用率、利润率等^[43]。其中,专利数量作为衡量组织创新绩效最重要的指标^[44],计量简便、易于理解,得到广泛使用。一般来说,组织专利申请数量越多,组织创新绩效越高。根据 Guan&Liu^[28]、田轩和孟清扬(2018)的研究成果,本文使用多层创新网络窗口期次年的发明专利申请数量(N-NUMBER)作为组织创新绩效的度量指标。例如,1997-2003年多层创新网络结构洞特征对应组织2004年的创新绩效。

3.2.2 自变量

(1) 组织合作网络结构洞特征(OSH)。

Burt^[45]采用结构洞约束衡量网络中节点的结构洞特征,结构洞约束越低表明节点的结构洞特征越强,节点联结的其它节点间的联结越稀疏。根据 Wang 等^[29]的研究成果,以2与结构洞约束的差值表示节点结构洞特征,该值越高表明结构洞特征越显著。聚焦于组织合作网络,结构洞特征计算如式(1)所示。

$$OSH_i = 2 - \sum (P_{ij} + \sum P_{ik}P_{kj})^2 \quad (1)$$

其中, OSH_i 表示组织结构洞特征数值, P_{ij} 表示在组织 i 的所有合作组织中组织 j 所分担的精力占比。在无权重组织合作网络中, 若组织 i 与包括组织 j 在内的其它 3 个组织具有合作关系, 则 $P_{ij}=1/3$ 。 P_{ik} 与 P_{ki} 意义同上。

(2) 成员合作网络结构洞特征 (MSH) 与知识融合网络结构洞特征 (KSH)。

成员合作网络结构洞特征针对组织内部发明人, 知识融合网络结构洞特征则针对组织拥有的知识要素。组织通常拥有多个发明人与知识要素, 因此, 在计算出各发明人与知识要素的结构洞特征后, 应将其聚合至组织层面, 本文采用算数平均法对其进行聚合。例如, 若组织有 3 个发明人, 在成员合作网络中其结构洞特征分别为 A_1 、 A_2 、 A_3 , 则聚合至组织层面的成员合作网络结构洞特征值为 $(A_1+A_2+A_3)/3$, 知识融合网络结构洞特征计算与此类似。

3. 2. 3 控制变量

在组织合作网络与成员合作网络中, 中心性特征反映了组织与研究人员在网络中的地位 and 影响力, 而在知识融合网络中, 中心性特征反映了知识要素的组合潜力^[20, 28]。鉴于中心性特征在网络结构特征的重要性, 参考 Zhang 等^[46]、Guan 等^[47]的研究成果, 本文将组织合作网络度中心性 (ODC)、成员合作网络度中心性 (MDC) 以及知识融合网络度中心性 (KDC) 作为控制变量。此外, 还控制了组织在时间窗口内的发明专利申请数量 (P-NUMBER)、组织性质 (高校、企业、研究机构)、组织合作网络中介中心性 (OBDC)、成员合作网络中介中心性 (MBDC) 以及知识融合网络中介中心性 (KBDC)。其中, 度中心性是指与中心节点直接相连的节点数量, 中介中心性是指节点出现在其它节点间最短路径上的比例。与结构洞特征类似, 成员合作网络与知识融合网络的中心性特征也需要聚合至组织层面。

4 实证分析

4. 1 描述性统计分析及相关性分析

表 2 为本文主要变量描述性统计分析及相关性分析结果。组织创新绩效 (N-NUMBER) 的平均值为 69.87, 标准差为 61.20, 可见平均而言, 组织年发明专利申请数量为 69.87 项, 表明我国新能源汽车领域的组织创新能力较强。此外, 该变量在不同组织之间存在一定差异。就结构洞特征而言, 组织合作网络结构洞特征较为显著, 平均值为 1.66; 成员合作网络与知识合作网络的结构洞特征相对较弱, 平均值分别为 1.28、1.23。此外, 多层创新网络结构洞特征的变异性相对较弱。在各变量相关性方面, 多层创新网络的结构洞特征与组织创新绩效显著正相关, 初步印证了本文 H_1 - H_3 。此外, 各变量间不存在过高的相关系数, 无多重共线性问题。

表 2 描述性统计及相关性分析结果

变量	均值	标准差	1	2	3	4
1N-NUMBER	69.87	61.20	1.000			
2OSH	1.66	0.22	0.284***	1.000		
3MSH	1.28	0.09	0.178***	0.162***	1.000	
4KSH	1.23	0.08	0.368***	0.178***	0.054***	1.000

4. 2 面板负二项回归分析

由于本文所选变量为非负计数数据,故不应采用一般线性回归模型,而对于标准差不等于均值的数据分布,泊松回归模型可能会低估均方根误差并高估显著性水平。因此,应选用负二项回归模型进行回归分析。此外,由于面板固定效应模型控制了无法观测的个体异质性,本文最终采用基于固定效应的面板负二项回归模型以及 Stata14 软件进行后续回归分析,结果如表 3 所示。

模型 1 为仅考虑控制变量的基准模型,模型 2~4 分别在模型 1 的基础上添加了成员合作网络结构洞特征(MSH)、知识融合网络结构洞特征(KSH)以及组织合作网络结构洞特征(OSH)。模型 5~7 则进一步考虑了多层创新网络结构洞特征的交互作用。卡方检验及对数似然值表明,各模型均具有较强的解释力度。在仅考虑直接作用时,模型 3 与模型 4 表明在 5%的显著性水平下,知识融合网络结构洞特征(KSH)与组织合作网络结构洞特征(OSH)对组织创新绩效具有显著正向影响(回归系数分别为 3.121、1.279), H_1 与 H_3 得到验证。进一步对知识融合网络结构洞特征(KSH)、组织合作网络结构洞特征(OSH)与组织创新绩效回归系数进行对比发现,知识融合网络结构洞特征在回归系数大小与显著性程度上总体优于组织合作网络,即知识融合网络对组织创新绩效的促进作用更显著。

在进一步考虑交互作用后,模型 5~7 表明在 5%的显著性水平下,组织合作网络、成员合作网络以及知识融合网络结构洞特征的两两交互项对组织创新绩效具有显著正向影响, H_4 - H_6 得到验证。其中,成员合作网络与知识融合网络结构洞特征交互项(MSH*KSH)的回归系数为 1.848;组织合作网络与成员合作网络结构洞特征交互项(OSH*MSH)的回归系数为 0.873;组织合作网络与知识融合网络结构洞特征交互项(OSH*KSH)的回归系数为 0.997。通过比较交互项回归系数大小发现,成员合作网络与知识融合网络间的交互作用对组织创新绩效的影响更大。上述实证结果表明,组织可通过优化其在多层创新网络中的结构洞特征实现创新绩效提高的目标。在多层创新网络结构洞特征较弱阶段,优化过程主要考虑组织合作网络结构洞特征(OSH)与知识融合网络结构洞特征(KSH)的直接作用;在多层创新网络结构洞特征较显著阶段,优化过程可进一步考虑 3 类创新网络结构洞特征间的交互作用。

表 3 实证回归结果

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7
P-NUMBER	0.002***	0.002**	0.003***	0.001***	0.003***	0.001***	0.002***
University	1.884***	1.916***	2.179***	0.663	1.985***	0.690	0.732
Firm	-0.988*	-1.050*	-0.950*	-2.667***	-0.747	-2.384***	-2.751***
MDC	0.174***	0.204***	0.185***	0.081	0.087	0.033	0.076
KDC	0.145***	0.143***	-0.061	0.181***	-0.003	0.181***	0.088*
ODC	-0.007	-0.007	-0.017***	-0.006	-0.016***	-0.008	-0.011**
MBDC	1.77	1.61	4.19*	8.95	4.13	1.21	2.11
KBDC	0.000	0.000	-7.86	0.000	-8.54	0.000	0.000
OBDC	-4.00	-4.02	-1.58	-4.52	-2.23	-4.27	-3.63
MSH		-0.691					
KSH			3.121***				
OSH				1.279***			
MSH×KSH					1.848**		

OSH×MSH						0.873***	
OSH×KSH							0.997***
Constant	-2.253***	-1.562	-5.436***	-2.501***	-4.026***	-1.997***	-1.997***
N	210	210	210	187	210	187	187
LogLikelihood	18	18	18	17	18	17	17
Chi2	304.381***	301.870***	335.453***	299.387***	336.611***	299.833***	316.769***

4.3 稳健性检验

本文使用多层创新网络的聚集性特征作为结构洞特征的替代变量进行稳健性检验。聚集性特征反映了节点间的聚集程度,通常网络中聚集性特征显著的节点,其结构洞特征较弱,二者具有较强的负相关关系。因此,本文采用聚集系数特征作为结构洞特征的替代变量并进行稳健性检验。以组织合作网络为例,如图5所示,组织B与相邻组织ACD形成多个三元闭合,该组织聚集性特征较为显著而结构洞特征较弱;组织E相邻组织间不存在三元闭合,其聚集性特征较弱而结构洞特征显著。本文采用基于固定效应的面板负二项回归模型进行稳健性检验,若多层创新网络结构洞特征对组织创新绩效的影响具有稳健性,则将其替换为聚集性特征后,回归模型应得出相反的回归系数。本文稳健性检验结果如表4所示。

模型1a至模型3a中,成员合作网络聚集性特征(MCC)、知识合作网络聚集性特征(KCC)、组织合作网络聚集性特征(OCC)的回归系数分别为-2.061、-2.703以及-0.766,且均在5%的显著性水平下显著。模型4a至模型6a中,成员合作网络与知识融合网络聚集性特征交互项(MCC*KCC)的回归系数为-3.256;组织合作网络与成员合作网络聚集性特征交互项(OCC*MCC)的回归系数为-1.079;组织合作网络与知识融合网络聚集性特征交互项(OSH*KSH)的回归系数为-1.071,且均在5%的显著性水平下显著。在各模型中,聚集性特征回归系数均与表3中对应的结构洞特征回归系数符号相反。因此,多层创新网络结构洞特征对组织创新绩效的影响具有一定的稳健性。此外,通过比较回归系数发现,仅考虑直接影响方面,知识融合网络对组织创新绩效的影响更大;在考虑交互作用后,成员合作网络与知识融合网络交互效应对组织创新绩效的影响更大,与前文研究结论基本一致。

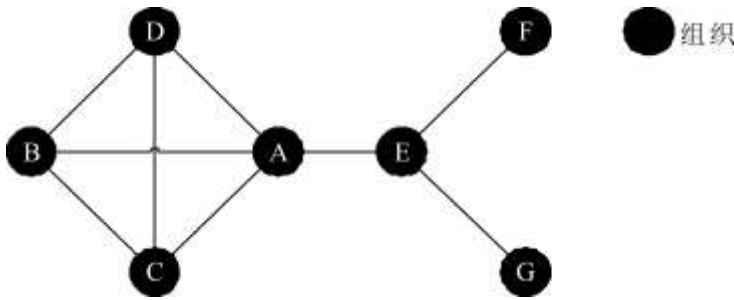


图5 聚集性特征与结构洞特征关系

表4 稳健性检验结果

变量	模型 1a	模型 2a	模型 3a	模型 4a	模型 5a	模型 6a
P-NUMBER	0.001***	0.000	0.002***	0.001	0.001***	0.001***

University	2.464***	1.410***	1.472***	1.982***	1.490***	1.431***
Firm	-0.645	-1.624***	-1.691***	-1.207**	-1.654***	-1.711***
MDC	0.139***	0.0535	0.133**	0.0468	0.131**	0.121**
KDC	0.107**	0.213***	0.161***	0.158***	0.163***	0.168***
ODC	-0.001	0.001	-0.008*	0.001	-0.007*	-0.007*
MBDC	5.72	-1.45	9.48	-1.20	9.00	8.39
KBDC	0.000	0.000	0.000	9.98	0.000	0.000
OBDC	-4.89*	-4.18	-2.88	-3.91	-2.87	-2.76
MCC	-2.061***					
KCC		-2.703***				
OCC			-0.766**			
MCC×KCC				-3.256***		
OCC×MCC					-1.079**	
OCC×KCC						-1.071**
Constant	-1.011*	0.570	-1.447**	-0.0213	-1.463**	-1.363**
N	210	208	188	208	188	188
LogLikelihood	18	17	17	17	17	17
Chi2	336.876***	366.814***	273.469***	377.528***	271.996***	270.934***

5 结语

5.1 研究结论

本文基于 1997-2019 年我国新能源汽车领域专利申请数据,采用面板负二项回归模型实证分析组织合作网络、成员合作网络以及知识融合网络结构洞特征对组织创新绩效的影响,得到如下结论:

(1)仅考虑直接作用时,组织合作网络与知识融合网络的结构洞特征对组织创新绩效具有显著正向影响,且知识融合网络对组织创新绩效的影响最大。对于组织合作网络而言,拥有显著结构洞特征说明组织在网络中具有良好的灵活性以及较大的网络权力,有利于与不同主体进行技术资源交换,如高校、研究所等,从而获得多样化信息资源及控制优势,从而提高组织创新绩效^[48-49];对于知识融合网络而言,结构洞特征显著则意味着知识融合网络中存在大量未联结的知识要素,提供了大量组合机会,也意味着网络中知识搜索行为受到的约束较小,有利于组织开展创新活动^[20]。

(2)在进一步考虑交互作用后,组织合作网络、成员合作网络以及知识融合网络结构洞特征的两两交互项均对组织创新绩效

具有显著正向影响,且成员合作网络与知识融合网络的交互作用对组织创新绩效影响最大。组织所拥有显著结构洞特征为其内部成员合作网络与知识融合网络提供了更大范围内的差异化信息和知识资源。同时,知识融合网络显著的结构洞特征为外部输入的差异化知识资源提供了更多组合机会。

5.2 理论贡献

本文理论贡献主要体现在以下两个方面:第一,将网络视角下组织创新绩效的影响因素由单一层次创新网络拓展至多层次创新网络。研究结果显示,多层次创新网络对组织创新绩效具有影响。不同于现有研究仅考虑组织创新绩效的直接影响因素^[28],本文考虑组织合作网络、成员合作网络与知识融合网络结构洞特征之间交互效应对组织创新绩效的影响,拓展了相关理论研究。第二,本文基于不同创新网络的直接作用与交互作用对组织创新绩效的影响程度差异进行了对比分析。

5.3 管理启示

(1)鼓励组织构建非冗余性的多层创新网络并发挥其优势。

新能源汽车领域正处于电动化、绿色化、网联化、智能化、共享化“五化”协同创新的重要阶段,高校与科研机构作为创新主力军,与企业合作能够真正实现科技成果现实转化^[16]。因此,应坚持产学研战略发展方向(王钰莹等,2020),积极与能源、互联网、电子通信等各领域开展技术合作,降低组织合作网络冗余性,如银隆新能源与武汉理工大学建立研发中心。此外,研究表明,知识融合网络对组织创新绩效的影响更大,因而该领域内不同类型组织可通过国内外产学研合作进行知识共享,积极获取外部异质性知识资源,提升组织知识融合网络结构洞水平,增加内部知识要素组合机会,并进一步结合我国网联化、智能化优势提升组织创新绩效。

(2)积极发挥成员合作网络与知识融合网络的交互作用。

成员合作网络中的研发人员既是组织内部创新活动主体,也是知识要素载体。因此,新能源汽车领域各组织应加强对研发人员的管理,构建非冗余成员合作网络,促进多学科知识沟通与交流。具体来说,一方面,高校应加强相关领域学科建设,培养技术型人才。企业应健全内部人才培养体系,鼓励与外部科研院所开展技术合作。另一方面,各组织可通过人才计划聘请具有独特知识要素的国内外创新型研究人员,扩展组织知识库,通过增加组织原有知识要素组合机会与组合类型促进组织创新绩效提升。

5.4 不足与展望

本文研究组织合作网络、成员合作网络及知识融合网络对组织创新绩效的直接影响与交互效应,丰富了已有研究,但依然存在研究局限:首先,本文样本为新能源汽车领域创新能力较强的组织,未来相关研究可进一步拓展研究样本,探究对处于不同领域、具有不同创新能力的组织而言,多层创新网络的影响是否存在差异。其次,在网络特征方面,本文着重探讨结构洞特征的影响,未来研究可进一步丰富网络特征量化方式,探讨不同网络特征对组织创新绩效的影响。

参考文献:

[1]NAUMANEN M, UUSITALO T, HUTTUNEN-SÄÄRIVIRTA E, et al. Development strategies for heavy duty electric battery vehicles: comparison between China, EU, Japan and USA[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2019(151).

[2]马建, 刘晓东, 陈轶嵩, 等. 中国新能源汽车产业与技术发展现状及对策[J]. 中国公路学报, 2018, 31(8): 1-19.

-
- [3] 品途商业评论. 刀片电池:为磷酸铁锂技术提供更多可能[EB/OL]. (2020-02-24)[2020-08-25].
- [4] DUBAL D P, AYYAD O, RUIZ V, et al. Hybrid energy storage: the merging of battery and supercapacitor chemistries[J]. Chemical Society Reviews, 2015, 44(7):1777-1790.
- [5] 宁德时代与比亚迪之争, 以针刺论安全靠谱吗[J]. 汽车与配件, 2020(11):54-55.
- [6] 余承其, 张照生, 刘鹏, 等. 大数据分析技术在新能源汽车行业的应用综述——基于新能源汽车运行大数据[J]. 机械工程学报, 2019, 55(20):3-16.
- [7] 刘宏宣, 孙华平, 张茜. 中国新能源汽车产业政策演化及执行阻滞分析——兼论双积分政策的协同实施[J]. 管理现代化, 2019, 39(4):41-46.
- [8] 何源, 乐为, 郭本海. “政策领域-时间维度”双重视角下新能源汽车产业政策央地协同研究[J]. 中国管理科学, 2020(6):1-12.
- [9] 罗家德. 中国治理:中国人复杂思维的9大原则[M]. 北京:中信出版社, 2020.
- [10] SHEN J, CHEN J, FAN S. Knowledge networks, collaboration networks, and innovation: a replication and extension[J]. Academy of Management Annual Meeting Proceedings, 2019, 2019(1):18969.
- [11] 郭建杰, 谢富纪, 王海花, 等. 产学研协同中自我中心网络动态性、区域间合作网络对企业创新的影响研究[J]. 管理学报, 2019, 16(7):1026-1034.
- [12] 王斌, 郭清琳. 知识网络断裂带形成演化过程研究——以郑州汽车工业知识网络为例[J]. 华东经济管理, 2019, 33(10):177-184.
- [13] 王崇锋, 孙靖. 知识基础调节下合作网络对绿色技术创新的影响[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(12):1-9.
- [14] 谢其军, 冯楚建, 宋伟. 合作网络、知识产权能力与区域自主创新程度:一个有调节的中介模型[J]. 科研管理, 2019, 40(11):85-94.
- [15] 罗鄂湘, 韩丹丹. 合作网络结构洞对企业技术创新能力的影响研究——以我国集成电路产业为例[J]. 工业技术经济, 2018, 37(3):44-50.
- [16] 李明星, 苏佳璐, 胡成. 产学研合作中企业网络位置与关系强度对技术创新绩效的影响[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(14):118-124.
- [17] 李秀坤, 张友生, 肖广岭. 产学研合作网络与高校学术绩效——来自清华大学的经验证据[J]. 软科学, 2019, 33(1):1-5.
- [18] 侯仁勇, 严庆, 孙骞, 等. 双重网络嵌入与企业创新绩效——结构视角的实证研究[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(12):98-104.

-
- [19]MCEVILY B,ZAHEER A.Bridging ties:a source of firm heterogeneity in competitive capabilities[J].Strategic Management Journal,1999,20(12):1133-1156.
- [20]厉娜,林润辉,谢在阳.多重网络嵌入下企业探索式创新影响机制研究[J].科学学研究,2020,38(1):169-179.
- [21]SCHILLING M A,PHELPS C C.Interfirm collaboration networks:the impact of large-scale network structure on firm innovation[J].Management Science,2007,53(7):1113-1126.
- [22]李守伟,朱瑶.合作创新网络结构特征对企业创新绩效的影响研究——以新能源汽车产业为例[J].工业技术经济,2016,35(11):137-144.
- [23]AHUJA G.Collaboration networks,structural holes and innovation:a longitudinal study[J].Academy of Management Proceedings,1998,1998(1):D1-D7.
- [24]YAN Y,ZHANG J J,GUAN J.Network embeddedness and innovation:evidence from the alternative energy field[J].IEEE Transactions on Engineering Management,2019(8):1-14.
- [25]王崇锋,巩杰,晁艺璇.发明人网络嵌入性对创新产出影响研究——基于网络演化特征的中介机制[J].科技管理研究,2019,39(24):1-7.
- [26]徐露允,曾德明,张运生.知识网络密度与二元创新绩效关系研究——基于知识基础多元度的调节效应[J].研究与发展管理,2018,30(1):72-80.
- [27]YAYAVARAM S,AHUJA G.Decomposability in knowledge structures and its impact on the usefulness of inventions and knowledge-base malleability[J].Administrative Science Quarterly,2008,53(2):333-362.
- [28]GUAN J,LIU N.Exploitative and exploratory innovations in knowledge network and collaboration network:a patent analysis in the technological field of nano-energy[J].Research policy,2016,45(1):97-112.
- [29]WANG C,RODAN S,FRUIN M,et al.Knowledge networks,collaboration networks,and exploratory innovation[J].Academy of Management Journal,2014,57(2):484-514.
- [30]李健,余悦.合作网络结构洞、知识网络凝聚性与探索式创新绩效:基于我国汽车产业的实证研究[J].南开管理评论,2018,21(6):121-130.
- [31]BURT R S.Structural holes:the social structure of competition[M].Harvard:Harvard University Press,1992.
- [32]张辉,苏昕.网络嵌入、动态能力与企业创新绩效——模糊集定性比较分析[J].科技进步与对策,2020,37(16):1-10.
- [33]李昕,杨皎平.联盟选择如何影响企业创新绩效——结构洞的中介作用[J].科技进步与对策,2020,37(15):80-88.
- [34]孙笑明,崔文田,王乐.结构洞与企业创新绩效的关系研究综述[J].科学学与科学技术管理,2014,35(11):142-152.

-
- [35] RODAN S, GALUNIC C. More than network structure: how knowledge heterogeneity influences managerial performance and innovativeness[J]. Strategic Management Journal, 2004, 25(6): 541-562.
- [36] BURT R S. The contingent value of social capital[J]. Administrative Science Quarterly, 1997, 42(2).
- [37] GIANLUCA C, JEROEN B. Knowledge specialization, knowledge brokerage, and the uneven growth of technology domains[J]. Social Forces, 2009, 88(2): 607-641.
- [38] 王莉, 程学旗. 在线社会网络的动态社区发现及演化[J]. 计算机学报, 2015, 38(2): 219-237.
- [39] KIM D J, KOGUT B. Technological platforms and diversification[J]. Organization Science, 1996, 7(3): 283-301.
- [40] KOKA B R, PRESCOTT J E. Designing alliance networks: the influence of network position, environmental change, and strategy on firm performance[J]. Strategic Management Journal, 2008, 29(6): 639-661.
- [41] 陈雷, 武宪云. 企业内部合作网络对知识搜索的影响[J]. 中国软科学, 2019, 35(5): 131-136.
- [42] STUART T E, PODOLNY J M. Local search and the evolution of technological capabilities[J]. Strategic Management Journal, 2010, 17(S1): 21-38.
- [43] 刘铭, 姚岳. 企业技术创新绩效评价指标体系研究[J]. 甘肃社会科学, 2014(4): 233-236.
- [44] LAHIRI N, NARAYANAN S. Vertical integration, innovation, and alliance portfolio size: implications for firm performance[J]. Strategic Management Journal, 2013, 34(9): 1042-1064.
- [45] BURT R S. Structural holes: the social structure of competition[M]. Harvard: Harvard University Press, 2009.
- [46] ZHANG J J, YAN Y, GUAN J C. Recombinant distance, network governance and recombinant innovation[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2019, 143(7): 260-272.
- [47] GUAN J, ZHANG J, YAN Y. The impact of multilevel networks on innovation[J]. Research Policy, 2015, 44(3): 545-559.
- [48] BURT R S. Structural holes and good ideas [J]. American Journal of Sociology, 2004(110): 349-399.
- [49] XIAO Z, TSUI A S. When brokers may not work: the culture contingency of social capital in Chinese high-tech firms[J]. Administrative Science Quarterly, 2007, 52(1): 1-31.