

# 高校知识网络对产学协同创新绩效的影响研究

王海花<sup>1</sup> 杜梅<sup>2</sup> 刘钊成<sup>1</sup>

(1. 上海大学管理学院, 上海 200444;  
2. 同济大学上海国际知识产权学院, 上海 200092)

**摘要:** 从依存型多层网络视角出发, 利用 1985—2018 年 42 所双一流高校申请的专利数据, 构建包括高校知识网络和区域合作网络在内的产学协同创新多层网络结构模型。基于社会网络理论和资源基础观, 研究高校知识网络静态特征和动态特征对产学协同创新绩效的影响机制, 以及区域合作网络特征的调节效应。研究表明: 高校知识网络的多样性对产学协同创新绩效有显著的倒 U 型影响; 高校知识网络的独特性、结构洞、扩张以及稳定对产学协同创新绩效有显著的正向影响; 区域合作网络中心度正向调节高校知识网络的多样性、独特性、结构洞、扩张以及稳定对产学协同创新绩效的影响; 区域合作网络结构洞正向调节高校知识网络的独特性和扩张对产学协同创新绩效的影响。结论丰富社会网络和资源基础观的理论研究, 并为高校和区域的创新发展提供实践指导。

**关键词:** 依存型多层网络; 高校知识网络; 区域合作网络; 产学协同创新绩效

中图分类号: F207

文献标识码: A

## 0 引言

在科学技术高速发展进程中, 科技创新逐渐成为推动经济高质量发展的重要动力<sup>[1]</sup>。但科技创新纵深推进, 创新活动越来越需要多个组织共同参与、协同合作, 以实现创新绩效的提升。产学协同创新作为创新驱动发展战略中一种重要模式<sup>[2]</sup>, 在建设创新型国家和科技强国中起着重要作用。而高校作为产学协同创新的重要参与方, 在 2019 年科技部、教育部等印发的《关于扩大高校和科研院所科研相关自主权的若干意见》明确指出要重视高校的作用, 以增强创新活力, 提升创新绩效。创新的本质是知识元素的重组<sup>[3]</sup>, 高校是知识创新、开展科学研究活动的重要主体<sup>[4]</sup>, 高校所拥有的知识元素构成的知识网络在推进产学协同创新方面发挥着不可忽视的作用。

关于高校知识网络与产学协同创新绩效的关系, 学者

多聚焦于高校知识网络静态特征如高校知识网络多样性<sup>[5]</sup>、独特性<sup>[6]</sup>、结构洞<sup>[7]</sup>、中心度<sup>[8]</sup>等对产学协同创新绩效的影响。而网络本质并非只是静态网络结构, 还是包括行动者网络行为和网络活动以及网络自身不断变化的动态过程<sup>[9]</sup>, 然而鲜有文献将高校知识网络静态特征和动态特征纳入同一研究框架来剖析产学协同创新绩效的内在逻辑和影响机制。

同时, 创新是一个多方参与复杂且不确定的过程<sup>[10]</sup>, 创新主体嵌入在知识网络、合作网络等多层网络之中, 创新绩效也受到知识网络、合作网络等不同网络层面交互作用的影响<sup>[11]</sup>。在产学协同创新过程中, 知识网络可以解释组织的知识组合潜力及应用模式等问题, 而合作网络则为组织提供接触外部异质性知识的机会<sup>[12]</sup>。依存型多层网络作为连接不同网络层次的多层网络, 其间的每个层次网络中结点不同, 联结不同, 且不同层次网络结点间存在联系<sup>[13]</sup>。由高校知识元素构成的知识网络和高校作为主

收稿日期: 2020 - 07 - 06; 修回日期: 2021 - 01 - 03。

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“聚焦关键核心技术突破的国家创新体系研究”(21&ZD130, 2021.12—2025.12); 2021 年度国家社会科学基金后期资助项目“数字化与创新绩效的关系研究”(21FGLB024, 2021.10—2024.10)。

作者简介: 王海花(1983—), 女(汉), 山东聊城人, 上海大学管理学院硕士生导师, 博士, 副教授, 研究方向: 产学研协同创新、创新与知识管理。

杜梅(1995—), 女(汉), 江苏徐州人, 同济大学上海国际知识产权学院博士研究生, 研究方向: 创新创业与知识产权管理、员工创新行为。

刘钊成(1994—), 男(汉), 河南许昌人, 上海大学管理学院硕士, 研究方向: 创新与知识管理。

通信作者: 杜梅

体嵌入的区域间合作关系构成的合作网络共同呈现为一种依存型多层网络结构,影响着产学研协同创新绩效的提升。

基于此,本文从依存型多层网络视角出发,构建包括高校知识网络和区域合作网络在内的多层网络结构,剖析高校知识网络、区域合作网络和产学研协同创新绩效的整合研究框架,探究高校知识网络静态特征和动态特征对产学研协同创新绩效的影响,以及区域合作网络在以上关系中的调节作用,以期丰富社会网络的理论研究,并为高校和区域的创新发展提供实践指导。

## 1 研究设计

本文构建以区域、高校、企业和知识元素为结点的依存型多层网络,如图1所示。其中,最上层网络是以31个省份(中国港澳台除外)为结点,区域间合作关系为联结的区域合作网络;中间层为高校和企业合作关系层,表明高校与企业之间的合作关系,这两层网络之间的联结表明了高校或企业与区域的隶属关系。最下层网络是以知识元素(IPC分类号前4位)为结点,知识元素间组合关系为联结的高校知识网络;中间层与最下层网络之间的联结表明知识与高校或企业的隶属关系,三层网络共同组成依存型多层网络。

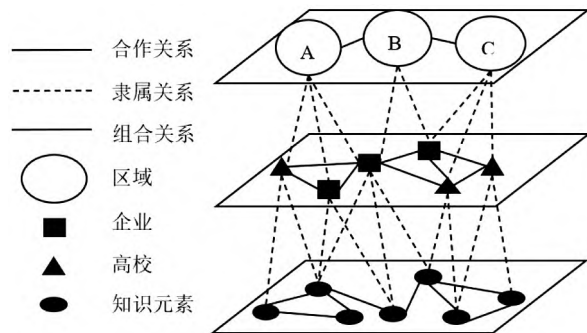


图1 依存型多层网络示意图

Figure 1 Schematic diagram of the interdependent multi-layer network

### 1.1 研究假设

#### 1.1.1 高校知识网络与产学研协同创新绩效

知识是各创新主体从事产学研活动中极其重要的创新资源,高校所拥有雄厚的科研能力和促进创新能力提升的专业知识资源,在产学研协同创新中发挥重要作用。本文基于社会网络理论和资源基础观,从高校知识网络静态特征和动态特征两个方面探究高校知识网络与产学研协同创新绩效的关系。其中高校知识网络静态特征包括高校知识网络的多样性、独特性、结构洞和中心度;高校知识网络动态特征包括高校知识网络的扩张和稳定。

##### (1) 高校知识网络静态特征与产学研协同创新绩效

高校知识网络的多样性是指高校在知识网络中与知识元素联结的丰富程度<sup>[14]</sup>。关于多样性与产学研协同创新绩效的关系,目前学界存在两种不同观点。一种观点认为联结越多知识元素的主体,能够在创新过程有较强的知识搜索和消化的能力,有助于其在多个知识领域实现交叉创新,促进创新成果的产生<sup>[15-16]</sup>。另一种观点认为多样化的知识资源会产生冗余的知识资源,提高知识管理成本,进而抑制创新绩效的提升<sup>[17]</sup>。本文认为,高校知识网络的多样性对产学研协同创新绩效提升存在阈值,当到达阈值之前,当高校拥有多样化的知识,其知识领域呈现出多元化的态势<sup>[18]</sup>,知识整合和重组可能性更高<sup>[5]</sup>,提升产学研协同创新绩效。但当超越阈值时,过多的知识元素不仅会增加高校知识管理成本<sup>[17]</sup>,还提升高校与其他创新主体合作难度,进而难以达成目标一致性,促使产学研合作创新效率下降。

高校知识网络的独特性是指知识网络中知识元素联结的高校的数量<sup>[14]</sup>。资源基础观认为,独特性的知识是创新主体进行持续创新的核心资源<sup>[19]</sup>。本文认为,高校所拥有的知识元素越独特,越能够减少其对冗余资源的开发利用,其利用独特知识元素进行重组的潜力越大,越有助于产学研协同创新绩效的提升<sup>[20]</sup>。此外,拥有独特性知识的高校,拥有更多的合作机会,降低了创新活动的风险,提高产学研协同创新绩效。

高校知识网络的结构洞是指高校知识元素在任意两个知识元素组合路径中起中介作用的能力<sup>[21]</sup>。根据社会网络理论,在知识网络占据结构洞位置的知识元素拥有控制知识资源流动的能力<sup>[21]</sup>,促进知识重组<sup>[5]</sup>,促进创新绩效提升。本文认为,当高校拥有知识元素的结构洞越大,越有利于为尚未被开发的知識重组提供机会<sup>[22]</sup>,创新能力越高,吸引大量企业或高校与之合作,进而产生更多的创新成果。

高校知识网络的中心度是指高校所拥有知识元素的重要性以及对其他知识元素的影响力<sup>[23]</sup>。根据社会网络理论,处于知识网络中心位置的知识元素拥有丰富的知识组合经验,对其他创新主体具有影响力<sup>[24]</sup>。本文认为,高校知识元素越处于中心位置,其与其他知识元素组合的适宜性越强<sup>[25]</sup>,越能降低协同创新不确定风险,进一步提升创新效率。

综上,提出假设:

H1a: 高校知识网络的多样性对产学研协同创新绩效有倒U型影响;

H1b: 高校知识网络的独特性对产学研协同创新绩效有显著正向影响;

H1c: 高校知识网络的结构洞对产学研协同创新绩效有显著正向影响;

H1d: 高校知识网络的中心度对产学研协同创新绩效有显著正向影响。

(2) 高校知识网络动态特征与产学研协同创新绩效  
在产学研协同创新的过程中,高校作为创新主体难以拥有创新所需的所有知识以及资源,因此需寻求交换、整合知识

的新机会 维持已有知识元素的同时 增加新的知识元素 , 进而表现为知识网络的扩张和稳定<sup>[26]</sup>。其中高校知识网络的扩张是指高校吸收和转化外界异质性的知识 扩充自身知识网络。本文认为 , 高校通过拓展与企业的交流合作 , 搜索新的知识元素 , 为自身带来新的独特性和异质性知识资源 , 丰富现有的创新思维 , 刺激创新<sup>[27]</sup>。同时 , 高校知识网络的扩张能够拓展创新领域 , 获得知识溢出效应 , 进而促进产学研协同创新。而高校知识网络的稳定是指高校维持现有知识网络 , 在当前网络基础上重复利用知识元素 , 优化创新结构。本文认为 , 当高校知识网络处于稳定时 , 与其他企业等组织形成稳定的合作关系 , 降低合作成本 , 促进知识在不同创新主体间的流动<sup>[28]</sup> , 提高产学研协同创新效率。

综上 提出假设:

H1e: 高校知识网络的扩张对产学研协同创新绩效有显著正向影响;

H1f: 高校知识网络的稳定对产学研协同创新绩效有显著正向影响。

### 1.1.2 区域合作网络的调节作用

社会网络理论认为 , 嵌入在相互依存网络中的主体 , 想实现可持续创新需要网络中资源共享、流动等<sup>[29]</sup>。也有学者认为创新主体绩效好坏受到所处网络位置的影响 , 拥有最佳网络位置的主体创新绩效最好 , 而已有关于网络位置特征研究主要采用网络中心度和结构洞<sup>[30]</sup>。

网络中心度是指创新主体在网络中的重要性程度和对其他个体的影响力<sup>[31]</sup> , 网络中心度越高 , 创新主体越处于中心位置 , 越能够在资源获取、选择、共享、整合和利用

信息、技术和知识等异质性资源时具有优势<sup>[24]</sup> , 越能够汇聚有价值、多样性的资源和信息 , 且越具有权威和声誉。本文认为 , 当高校位于网络中心位置的区域时 , 不仅具有获取和选择全面的、多样性、有价值的知识和资源的能力 , 夯实资源基础<sup>[32]</sup> , 还可以拥有更多利用、整合知识的机会 , 提高高校对知识的应用能力 , 进而促进产学研协同创新绩效的提升。

网络结构洞是指创新主体在网络中所处位置的权力大小<sup>[21]</sup>。网络结构洞越丰富 , 其在网络中的权力越大 , 对网络中的知识流通和创新效率越起着决定性作用<sup>[33]</sup>。本文认为 , 当高校位于网络结构洞位置的区域时 , 其在创新过程中对知识和资源的控制能力更强<sup>[21]</sup> , 利用知识和资源的能力也越强。此外 , 占据结构洞位置的区域 , 能够使原本没有合作的区域间形成合作成为可能 , 促使高校利用更新颖的知识领域进行创新 , 促进产学研协同创新绩效的提升。

综上 提出假设:

H2: 区域合作网络中心度在高校知识网络的多样性 (H2a)、独特性(H2b)、结构洞(H2c)、中心度(H2d)、扩张(H2e)以及稳定(H2f)与产学研协同创新绩效关系中起正向调节作用。

H3: 区域合作网络结构洞在高校知识网络的多样性(H3a)、独特性(H3b)、结构洞(H3c)、中心度(H3d)、扩张(H3e)以及稳定(H3f)与产学研协同创新绩效关系中起正向调节作用。

基于此 概念模型如图 2 所示。

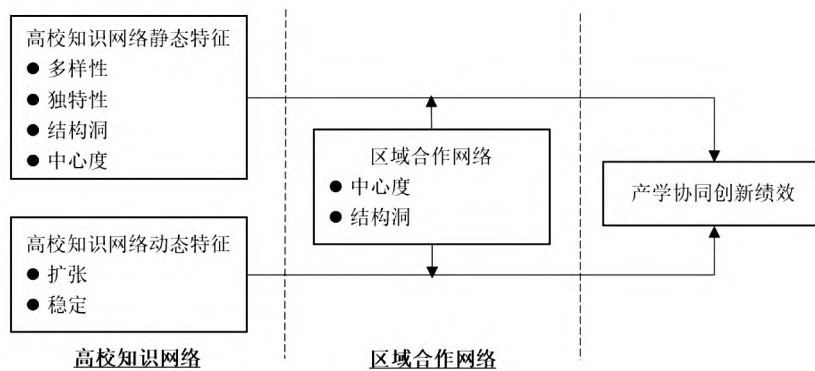


图 2 概念模型  
Figure 2 Conceptual model

### 1.2 样本选取与变量测量

本文以 1985—2018 年我国双一流高校申请的发明专利为研究样本 , 剖析高校知识网络、区域合作网络与产学研协同创新绩效的关系。首先 , 在国家知识产权局网站上以 42 所双一流高校为检索条件 , 时间设置为 1985—2018 收集专利数据。其次 , 为保证数据的有效性以及准确性 , 剔除缺失信息、无效、重复以及双一流高校附属医院或附属

研究院申请的专利数据 , 最终获得双一流高校申请的专利数据 189 558 条 , 以计算高校知识网络以及区域合作网络的指标。最后 , 从双一流高校申请的专利数据中筛选出产学研联合申请的专利 26 428 条 , 以计算产学研协同创新绩效。

本文因变量为产学研协同创新绩效 , 采用每年双一流高校产学研联合申请的专利数作衡量。由于在创新过程中 , 创新投入与产出绩效之间存在滞后期 , 故对因变量做 2 年的

滞后处理<sup>[34]</sup>。即 1987—2018 年的专利数量分别对应 1985—2016 年的网络特征指标。自变量高校知识网络的多样性和独特性,借鉴 Brennecke<sup>[14]</sup> 测量方式,分别用高校所拥有的知识元素总数以及高校所有知识元素所联结的高校数量总和取负数来测量;高校知识网络的结构洞借鉴 Fleming<sup>[15]</sup> 测量方式,采用高校拥有的所有知识元素结构洞总和来测量;高校知识网络的中心度借鉴 Freeman<sup>[35]</sup> 测量方式,采用高校拥有的所有知识元素中心度总和来测量;高校知识网络的扩张与稳定借鉴 Guan<sup>[11]</sup> 测量方式,分别采用知识元素在 t-1 时期没有出现,但在 t 时期出现

的数量以及知识元素在 t-1 时期出现,在 t 时依旧存在的知识元素数量来测量。调节变量区域合作网络中心度和结构洞借鉴刘军<sup>[36]</sup> 测量方式,分别采用区域合作网络节点中心度和结构洞限制度来测量。

以往研究指出,产学研协同创新会受到高校合作的企业数量和高校所处区域经济实力的影响。因此,本文选取高校合作企业数量、区域经济发展水平和高校发表科技论文数量作为控制变量,数据分别来自中国知识产权局、《国家统计年鉴》和《科技统计年鉴》。主要变量指标说明如表 1 所示。

表 1 主要变量指标说明  
Table 1 Description of main variables

变量	简称	测量公式/说明
高校知识网络的多样性	UD	$UD_t = n_0$ ( $n_0$ 为高校拥有知识元素的数量)
高校知识网络的独特性	UU	$KU_t = n_u$ ( $n_u$ 为知识元素联结的高校数量, $KU_t$ 为知识元素的独特性) $UU_t = - \sum KU_t$
高校知识网络的结构洞	USH	$KSH_t = \sum_j (1 - \sum_q p_{iq} m_{jq})$ ( $p_{iq} m_{jq}$ 为 q 和特定点 i、j 之间的冗余度) $USH_t = \sum KSH_t$
高校知识网络的中心度	UC	$KC_t = N_k$ ( $N_k$ 为知识网络中与目标知识元素联结的知识元素数量) $UC_t = \sum KC_t$
高校知识网络的扩张	UE	知识元素在 t-1 时期没有出现,但在 t 时期出现的数量
高校知识网络的稳定	US	知识元素在 t-1 时期出现,在 t 时依旧存在的数量
区域合作网络中心度	RC	$RC_t = N_a$ ( $N_a$ 为区域合作网络中与目标区域联结的区域数量)
区域合作网络结构洞	RSH	$RSH_t = \sum_j (1 - \sum_q p_{iq} m_{jq})$
产学研协同创新绩效	ICIP	滞后两年的双一流高校产学研联合申请的专利数
高校合作企业数量	UCC	中国知识产权局中高校合作的企业数量
区域经济发展水平	GDP	《国家统计年鉴》中区域的 GDP 总量
高校发表科技论文数量	UTP	《科技统计年鉴》中高校所发表的科技论文数量

### 1.3 模型设定

本文因变量是产学研协同创新绩效,采用专利数量衡量,其存在非连续、离散、非负整数、期望和方差不相等的特征,因此使用负二项回归模型构建实证模型,具体如下:

$$E(ICIP | \partial_{i,t}, X_{i,t-2}) = \exp(\partial_{i,t} + \beta_1 UD_{i,t-2} + \beta_2 UU_{i,t-2} + \beta_3 USH_{i,t-2} + \beta_4 UC_{i,t-2} + \beta_5 UE_{i,t-2} + \beta_6 US_{i,t-2} + \beta_7 RC_{i,t-2} + \beta_8 RC_{i,t-2} * UU_{i,t-2} + \beta_9 RC_{i,t-2} * USH_{i,t-2} + \beta_{10} RC_{i,t-2} * UC_{i,t-2} + \beta_{11} RC_{i,t-2} * UE_{i,t-2} + \beta_{12} RC_{i,t-2} * Use_{i,t-2} + \beta_{13} RSH_{i,t-2} * UD_{i,t-2} + \beta_{14} RSH_{i,t-2} * UU_{i,t-2} + \beta_{15} RSH_{i,t-2} * USH_{i,t-2} + \beta_{16} RSH_{i,t-2} * UC_{i,t-2} + \beta_{17} RSH_{i,t-2} * UE_{i,t-2} + \beta_{18} RSH_{i,t-2} * US_{i,t-2} + \beta_{19} UCC_{i,t-2} + \beta_{20} GDP_{i,t-2}$$

$$+ \beta_{21} UTP_{i,t-2} + \varepsilon_{i,t})$$

其中  $\beta_1 \sim \beta_{18}$  是模型中待估计的系数;  $\beta_{19} \sim \beta_{21}$  是模型中控制变量的系数。  $\partial_{i,t}$  为截距项常数,  $\varepsilon_{i,t}$  表示残差项。

## 2 实证分析

### 2.1 描述性统计及相关分析

采用 STATA16.0 对变量进行描述性统计与相关分析,结果如表 2 所示。从表中可知各变量间均存在显著的相关关系,适合进行回归分析。

表 2 描述性统计与相关分析  
Table 2 Descriptive statistics and correlation analysis of variables

变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 ICIP	1											
2 UD	0.296***	1										
3 UU	0.251***	-0.627***	1									
4 USH	0.092**	0.482***	0.056**	1								
5 UC	0.199***	0.535***	0.133***	-0.345***	1							
6 UE	0.314***	0.822***	0.604***	0.378***	0.543***	1						
7 US	0.493***	0.752***	0.592***	0.313***	0.530***	0.828***	1					
8 RC	0.179***	0.539***	0.135***	0.629***	0.756***	0.520***	0.547***	1				
9 RSH	0.325***	0.480***	0.214***	0.549***	-0.007	0.456***	0.511***	0.771***	1			
10 UTP	0.411***	0.467***	0.183***	0.416***	0.576***	0.453***	0.532***	0.637***	0.773***	1		
11 GDP	0.313***	0.581***	0.283***	0.426***	0.620***	0.590***	0.697***	0.656***	0.519***	0.528***	1	
12 UCC	0.751***	0.538***	0.453***	0.183***	0.368***	0.600***	0.839***	0.385***	0.463***	0.518***	0.611***	1
平均值	37.270	1.330	-2.560	0.220	2.011	0.060	0.040	5.820	3.750	3.435	0.878	13.200
标准差	150.488	2.644	0.824	0.272	2.119	10.047	10.037	6.883	4.426	3.568	0.680	28.585

注:\*\*\*代表  $p < 0.01$ , \*\*代表  $p < 0.05$ , \*代表  $p < 0.1$ ,下同。

2.2 负二项回归分析

采用负二项回归模型检验高校知识网络对产学研协同创新绩效的影响以及区域合作网络的调节作用 结果如表 3 和表 4 所示。从表 3 中的 M1 可知 ,高校合作企业数量、区域经济发展水平和高校发表科技论文数量对产学研协同创新绩效有显著正向影响。M2 ~ M3 表明高校知识网络多样性对产学研协同创新绩效有显著的倒 U 型影响 ,H1a

得到验证; M4 ~ M5、M7 ~ M8 分别表明高校知识网络的独特性、结构洞以及高校知识网络的扩张与稳定均对产学研协同创新绩效有显著正向影响 ,H1b、H1c、H1e、H1f 得到验证; M6 表明高校知识网络的中心度对产学研协同创新绩效没有影响 ,H1d 未得到验证 ,原因可能在于高校知识网络的中心度转化为其他的高校知识网络特征作用于产学研协同创新绩效。

表 3 高校知识网络与产学研协同创新绩效的回归结果  
Table 3 Regression analysis results of the relationship between university knowledge network and industry – university collaborative innovation performance

变量	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
常数项	36.293**	37.656**	6.351	21.112	194.690***	0.577	-8.799	-36.586**
UTP	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***
GDP	-0.003***	-0.003***	-0.002***	-0.003***	-0.003***	-0.003***	-0.003***	-0.002***
UCC	4.598***	4.672***	4.965***	4.665***	4.681***	4.571	4.725***	5.773***
UD		-10.421***	57.468***					
UD <sup>2</sup>			-35.250***					
UU				1.820***				
USH					28.472**			
UC						-2.173		
UE							2.316***	
US								5.875***
R <sup>2</sup>	0.651	0.653	0.660	0.660	0.652	0.649	0.658	0.674
调整 R <sup>2</sup>	0.639	0.640	0.648	0.649	0.640	0.637	0.646	0.663
F 值	434.870	378.710	303.810	365.400	349.740	431.190	360.850	392.570
回归模型	Re	Re	Re	Re	Fe	Fe	Re	Re

表4中M9~M13和M14~M18分别检验区域合作网络中心度和结构洞在高校知识网络与产学研协同创新绩效关系中的调节作用。其中,M9~M13中区域合作网络中心度在高校知识网络的多样性( $\beta = 11.278, p < 0.01$ )、独特性( $\beta = 0.391, p < 0.01$ )、结构洞( $\beta = 4.417, p < 0.05$ )、扩张( $\beta = 0.159, p < 0.01$ )以及稳定( $\beta = 0.335, p < 0.01$ )对产学研协同创新绩效影响中存在显著的调节作用,H2a、H2b、H2c、H2e、H2f得到验证;M14、M16和M18中区域合作网络结构洞在高校知识网络的多样性( $\beta = -0.481, p > 0.1$ )、结构洞( $\beta = 2.241, p > 0.1$ )以及稳定( $\beta = -0.136, p < 0.01$ )与产学研协同创新绩效关系中的调节作用不显著,

H3a、H3c、H3f未得到验证。M15~M16中区域合作网络结构洞在高校知识网络的独特性( $\beta = 0.134, p < 0.1$ )、扩张( $\beta = 0.158, p < 0.05$ )与产学研协同创新绩效关系中均存在显著的调节作用,H3b、H3e得到验证,调节效应见图3。

### 2.3 稳健性检验分析

本文采用截取数据(截取1999—2018年的数据)以及改变因变量滞后期(滞后1年)的方式进行稳健性检验,与实证结论一致,稳健性较好,具体如表5和表6所示。其中,表5为高校知识网络对产学研协同创新绩效的影响作用稳健性检验结果,表6为区域合作网络的调节作用稳健性检验结果。

表4 区域合作网络的调节效应检验

Table 4 Testing results of the moderating effects of regional collaborative networks

变量	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18
常数项	14.078	11.849	24.622	2.761	21.297	5.791	19.831	32.446**	4.689	-40.460**
UTP	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***
GDP	-0.002***	-0.002***	-0.003***	-0.002***	-0.002***	-0.002***	-0.003***	-0.003***	-0.003***	-0.001***
UCC	4.982***	4.795***	4.666***	5.586***	4.744***	5.131***	5.110***	4.638***	5.765***	4.749***
RC	-3.827***	1.104	-4.997***	-1.002	-0.081					
RSH						0.161	-0.372	-3.550**	-0.950	-0.462
UD	7.115					55.885***				
UD <sup>2</sup>	-9.438					-33.441***				
UD* RC	11.278***									
UD <sup>2</sup> * RC	-5.053***									
UU		0.475					1.356***			
UU* RC		0.391***								
USH			-3.552					5.385		
USH* RC			4.417**							
UE				1.018**					1.475**	
UE* RC				0.159***						
US					2.724***					6.327**
US* RC					0.335***					
UD* RSH						-0.481				
UD <sup>2</sup> * RSH						-0.0926				
UU* RSH							0.134*			
USH* RSH								2.241		
UE* RSH									0.158**	
US* RSH										-0.136***
R <sup>2</sup>	0.670	0.672	0.657	0.661	0.684	0.660	0.662	0.653	0.659	0.670
调整R <sup>2</sup>	0.658	0.660	0.644	0.649	0.673	0.648	0.650	0.640	0.647	0.664
F值	213.090	276.210	255.870	262.620	295.110	202.570	263.250	250.770	259.350	282.590
回归模型	Re	Re	Re	Re	Fe	Re	Re	Re	Fe	Re

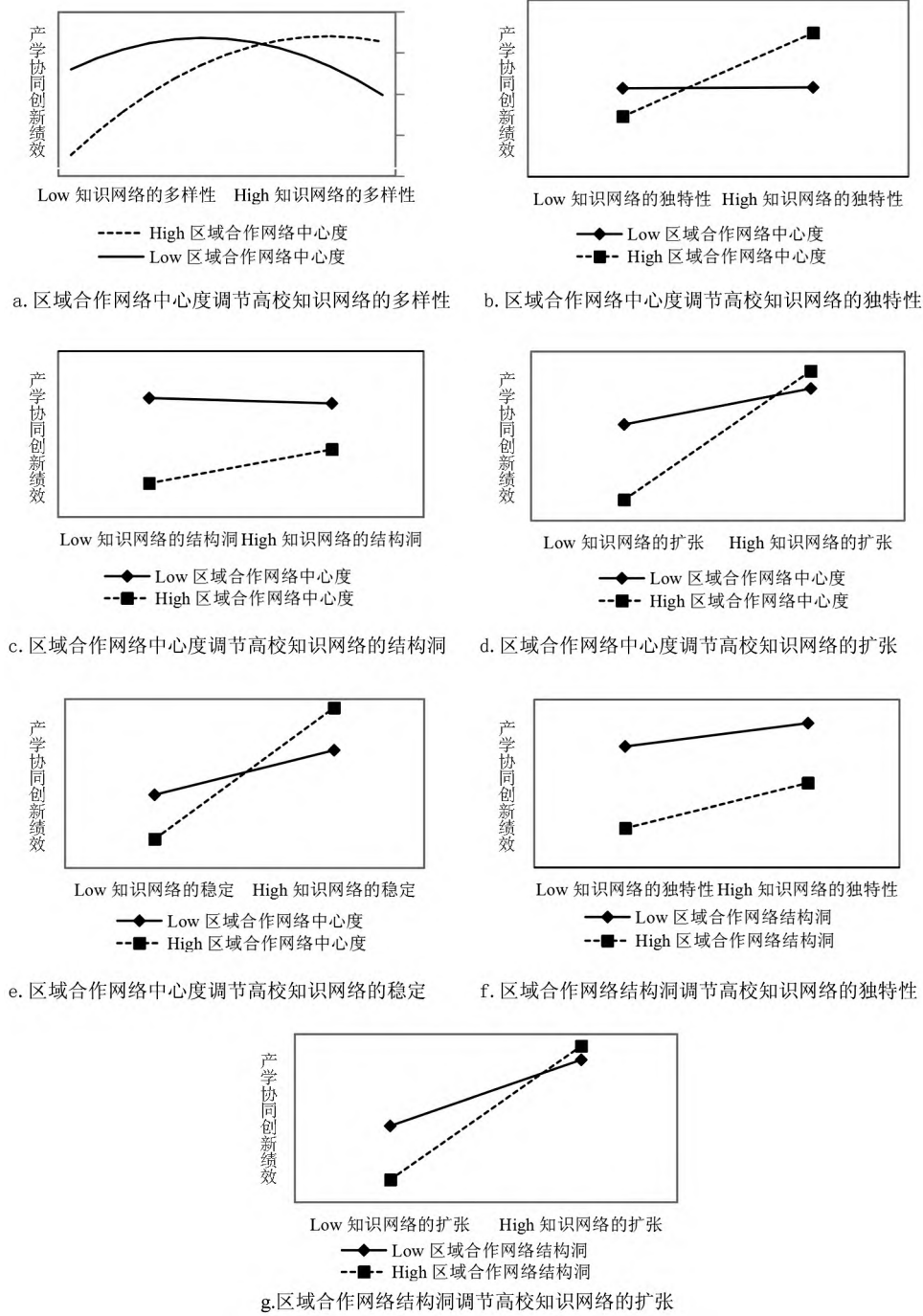


图3 区域合作网络的调节效应图

Figure 3 Diagram for the moderating effects of regional collaborative networks

表 5 高校知识网络对产学研协同创新绩效的影响作用稳健性检验结果  
Table 5 Robustness test results of the effect of university knowledge network on industry – university collaborative innovation performance

变量	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26
常数项	59.604	37.656**	9.950	46.571	45.564	-1.256	29.460	-6.651
UTP	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.002***	0.001***	0.001***
GDP	-0.003***	-0.003***	-0.003***	-0.003***	-0.003***	-0.004***	-0.003***	-0.002***
UCC	4.667***	4.372***	5.059***	4.896***	4.703***	4.660***	4.759***	5.731***
UD		-17.421***	104.407**					
UD <sup>2</sup>			-52.280***					
UU				2.291***				
USH					20.612**			
UC						-1.733		
UE							2.278***	
US								5.913***
R <sup>2</sup>	0.681	0.653	0.684	0.681	0.682	0.676	0.682	0.687
调整 R <sup>2</sup>	0.659	0.639	0.661	0.659	0.659	0.654	0.659	0.666
F 值	150.930	378.710	102.020	120.790	121.100	146.170	121.060	125.540
回归模型	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re

表 6 区域合作网络的稳健性检验结果  
Table 6 Robustness test results of the regional collaborative networks

变量	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35	M36
常数项	54.588	25.680	32.911	681.619**	2.146	-17.054	812.101***	764.893	2.146	681.619**
UTP	0.001***	0.001***	0.002***	0.003***	0.001***	0.002***	0.003***	0.003***	0.001***	0.003***
GDP	-0.002***	-0.002***	-0.003***	-0.002**	-0.002***	-0.003***	-0.003***	-0.003***	-0.002***	-0.002**
UCC	5.076***	5.116***	4.729***	5.484***	5.519***	4.998***	5.039***	4.852***	5.519***	5.484***
RC	-4.912	1.413	-3.717***	-1.645	2.109					
RSH						3.021	6.001*	-3.174**	0.476	-2.981*
UD	-34.677					153.294**				
UD <sup>2</sup>	7.443					-67.590***				
UD* RC	13.069**									
UD <sup>2</sup> * RC	-5.773**									
UU		-0.236					-3.427**			
UU* RC		0.423***								
USH			-3.552					5.385		
USH* RC			4.417**							
UE				0.782					-1.594	
UE* RC				0.134*						
US					-1.333					7.069***
US* RC					0.509***					
UD* RSH						-8.818				
UD <sup>2</sup> * RSH						2.879				
UU* RSH							0.667***			
USH* RSH								2.241		
UE* RSH									0.354*	
US* RSH										-0.233*
调整 R <sup>2</sup>	0.659	0.666	0.663	0.665	0.662	0.661	0.660	0.660	0.671	0.668
F 值	120.790	125.540	68.910	89.510	88.150	102.020	121.100	121.060	72.320	91.190
回归模型	Re	Re	Re	Fe	Re	Re	Fe	Fe	Re	Fe



### 3 主要研究结论与启示

#### 3.1 主要研究结论

本文以 1985—2018 年我国 42 所双一流大学申请的发明专利数据作为研究样本。从依存型多层网络视角出发,基于社会网络理论和资源基础观,理论分析高校知识网络对产学研协同创新绩效的影响,以及区域合作网络中心度和结构洞在其中的调节作用,并运用负二项回归模型进行实证检验,主要得出以下结论:

(1) 高校知识网络静态特征(多样性、独特性、结构洞)对产学研协同创新绩效存在显著影响。当高校知识网络的独特性越高,越处于结构洞位置,越能够促进不同组织之间知识的整合、吸收与利用不同的知识,向过去未涉足过的领域创新,实现“知识桥接”功能并形成创新成果,提高产学研协同创新绩效。而高校知识网络的多样性并非越多越好,有一定的阈值,这拓展了目前仅从正向或者负向考虑其作用机制的相关研究结论。

(2) 高校知识网络动态特征(扩张、稳定)对产学研协同创新绩效有积极的促进作用。高校已有的知识储备已经不能满足现阶段创新的要求,要基于已有丰富的经验对现有的知识元素进行再开发和再利用,同时需从外界吸收异质性的知识以扩充自身知识储备,提高创新能力,弥补仅从单一层面探究高校知识网络与产学研协同创新绩效关系的不足。

(3) 区域合作网络位置(中心度、结构洞)正向调节高校知识网络静态特征和动态特征与产学研协同创新绩效之间的关系。当高校位于合作网络中心位置的区域时,高校在创新过程中能够获取更多的知识等资源,这将增强高校对知识的吸收、转化以及重组的能力。当高校位于合作网络结构洞位置的区域时,高校在创新过程中对于知识资源的控制能力更高;此外,还能够将原本没有合作的组织联系起来,知识重组和可能性提高,高校知识网络对产学研协同创新绩效的作用也将进一步提升。

#### 3.2 研究启示与展望

研究结论对高校知识网络构建和产学研协同创新绩效提升有借鉴意义。首先,高校应完善知识网络结构,拓展自身的知识涵盖领域,综合利用多样性知识和独特性知识,促进跨学科的交叉融合,增强自身的知识储备和知识重组能力,并创造有价值的异质性知识资源,提升产学研协同创新效率。其次,高校应统筹兼顾优势学科和新兴学科,在持续发展重点和特色学科的基础上,发展人工智能、区块链等新兴技术,推动知识基础的动态提升,以突破既有知识刚性对创新能力的限制,进而实现产学研协同创新绩效的提升。最后,高校应发挥自身所在区域位置优势,因“地”制宜,从区域创新政策中寻找发力点,挖掘区域所提供的政策扶持和创新保障机制,通过项目合作等方式与政府、企业展开合作,提高创新绩效。

本文也存在不足。第一,政府和科研院所是产学研协同创新的组织部分,在后续的研究中,可以考虑将政府政策环境以及科研机构知识创造能力等相关变量纳入研究框

架中;第二,申请专利只是产学研协同创新中的一种产出形式,在后续的研究中,可以考虑其他合作形式的产出,如:论文合著、项目合作等。

#### 参考文献:

- [1] 其格其,高霞,曹洁琼. 我国 ICT 产业产学研合作创新网络结构对企业创新绩效的影响[J]. 科研管理, 2016, 37(S1): 110-115.  
QI Geqi, GAO Xia, CAO Jieqiong. The impact of industry - university - research collaboration innovation network structure on firm innovation performance in China's ICT industry[J]. Science Research Management, 2016, 37(S1): 110-115.
- [2] 夏丽娟,谢富纪,付丙海. 邻近性视角下的跨区域产学研协同创新网络及影响因素分析[J]. 管理学报, 2017, 14(12): 1795-1803.  
XIA Lijuan, XIE Fuji, FU Binghai. The network evolution of China cross region industry - university collaborative innovation and the analysis of influencing factors: Based on the perspective of proximity[J]. Chinese Journal of Management, 2017, 14(12): 1795-1803.
- [3] SAVINO T, MESSENI P A, ALBINO V. Search and recombination process to innovate: A review of the empirical evidence and a research agenda[J]. International Journal of Management Reviews, 2017, 19(1): 54-75.
- [4] 李雨晨,陈凯华. 面向创新链的国家创新力测度体系构建研究: 多维创新指数的视角[J]. 科学学与科学技术管理, 2019, 40(11): 45-57.  
LI Yuchen, CHEN Kaihua. The innovation chain - oriented construction of national innovation force measurement system: The perspective of multidimensional innovation index[J]. Science of Science and Management of S. & T., 2019, 40(11): 45-57.
- [5] WANG C, RODAN S, FRUIN M, et al. Knowledge networks, collaboration networks, and exploratory innovation[J]. Academy of Management Journal, 2014, 57(2): 459-514.
- [6] CARNABUCI G, OPERTI E. Where do firms' recombinant capabilities come from? Intraorganizational networks, knowledge, and firms' ability to innovate through technological recombination[J]. Strategic Management Journal, 2013, 34(13): 1591-1613.
- [7] GUAN J, YAN Y, ZHANG J. The impact of collaboration and knowledge networks on citations[J]. Journal of Informetrics, 2017, 11(2): 407-422.
- [8] ZDRAVKOVIC M, CHIWONA - KARLTUN L, ZINK E. Experiences and perceptions of south - south and north - south scientific collaboration of mathematicians, physicists and chemists from five southern African universities[J]. Scientometrics, 2016, 108(2): 717-743.
- [9] KILDUFF M, TSAI W, HANKE R. A paradigm too far? A dynamic stability reconsideration of the social network research program[J]. Academy of Management Review, 2006, 31(4): 1031-1048.
- [10] 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.
- [11] YAN Y, GUAN J C. Social capital, exploitative and exploratory innovations: The mediating roles of ego-network dynamics[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2018, 126: 244-258.
- [12] 付雅宁, 刘凤朝, 马荣康. 发明人合作网络影响企业探索式创新的机制研究: 知识网络的调节作用[J]. *研究与发展管理*, 2018, 30(2): 21-32.  
FU Yaning, LIU Fengchao, MA Rongkang. Influence mechanism of inventors' collaboration network on firm's exploratory innovation: Moderating effect of knowledge network[J]. *R&D Management*, 2018, 30(2): 21-32.
- [13] 张欣. 多层复杂网络理论研究进展: 概念、理论和数据[J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2015, 12(2): 103-107.  
ZHANG Xin. Multilayer networks science: Concepts theories and data[J]. *Complex Systems and Complexity Science*, 2015, 12(2): 103-107.
- [14] BRENNECKE J, RANK O. Knowledge networks in high-tech clusters: A multilevel perspective on interpersonal and inter-organizational collaboration[J]. In *Multilevel Network Analysis for the Social Sciences*, 2016, 31(5): 273-293.
- [15] FLEMING L, MINGO S, CHEN D. Collaborative brokerage, generative creativity, and creative success[J]. *Administrative Science Quarterly*, 2007, 52(3): 443-475.
- [16] 徐露允, 曾德明, 李健. 知识网络中心势、知识多元化对企业二元式创新绩效的影响[J]. *管理学报*, 2017, 14(2): 221-228.  
XU Luyun, ZENG Deming, LI Jian. The effects of knowledge network centralization, knowledge variety on firms' dual-innovation performance[J]. *Chinese Journal of Management*, 2017, 14(2): 221-228.
- [17] CHANG W. Differential effects of knowledge diversity on team innovation: An agent-based modeling[J]. *International Conference on Innovation Management and Technology Research*. IEEE, 2012, 27(5): 179-182.
- [18] 潘李鹏, 池仁勇. 基于内部网络视角的企业知识结构与创新研究“发散为王, 还是收敛制胜?”[J]. *科学学研究*, 2018, 36(2): 288-295.  
PAN Lipeng, CHI Renyong. The relationship between firm's knowledge 'Divergence or Convergence?' structure and innovation, in the perspective of interior network[J]. *Studies in Science of Science*, 2018, 36(2): 288-295.
- [19] BARNEY J. Firm resources and sustained competitive advantage[J]. *Journal of Management*, 1991, 17(1): 99-120.
- [20] LEE J. Heterogeneity, brokerage and innovative performance: Endogenous formation of collaborative inventor networks[J]. *Organization Science*, 2010, 21(4): 804-822.
- [21] BURT R S. The social structure of competition[J]. *Economic Journal*, 1992, 42(22): 7060-7066.
- [22] PERRY-SMITH J E. Social yet creative: The role of social relationships in facilitating individual creativity[J]. *Academy of Management Journal*, 2006, 49(1): 85-101.
- [23] 贾晓霞, 李金芳. 合作网络和知识网络对国内农林类高校创新绩效的影响研究[J]. *科技管理研究*, 2019, 39(14): 146-157.  
JIA Xiaoxia, LI Jinfang. Research on the influence of cooperative network and knowledge network on the innovation performance of domestic agricultural and forestry universities[J]. *Science and Technology Management Research*, 2019, 39(14): 146-157.
- [24] 钱锡红, 杨永福, 徐万里. 企业网络位置、吸收能力与创新绩效: 一个交互效应模型[J]. *管理世界*, 2010(5): 118-129.  
QIAN Xihong, YANG Yongfu, XU Wanli. Enterprise network location, absorptive capacity and innovation performance: An interactive effect model[J]. *Journal of Management World*, 2010(5): 118-129.
- [25] CARNABUCI G, BRUGGEMAN J. Knowledge specialization, knowledge brokerage and the uneven growth of technology domains[J]. *Social Forces*, 2009, 88(2): 607-641.
- [26] 李传佳, 李垣. 动态视角下的个人社会网络研究综述与展望[J]. *软科学*, 2017, 31(4): 66-69.  
LI Chuanjia, LI Yuan. Review and prospect of individual social network from the dynamic perspective[J]. *Soft Science*, 2017, 31(4): 66-69.
- [27] DAHLANDER L, MCFARLAND D A. Ties that last: Tie formation and persistence in research collaborations over time[J]. *Administrative Science Quarterly*, 2013, 58(1): 69-110.
- [28] 岳铮, 朱怀念, 张光宇, 等. 网络关系、合作伙伴差异性对开放式创新绩效的交互影响研究[J]. *管理学报*, 2018, 15(7): 1018-1024.  
YUE Hu, ZHU Huainian, ZHANG Guangyu, et al. The interaction effect of network relationship and innovation partner heterogeneity on open innovation performance[J]. *Chinese Journal of Management*, 2018, 15(7): 1018-1024.
- [29] TORTORIELLO M. The social underpinnings of absorptive capacity: The moderating effects of structural holes on innovation generation based on external knowledge[J]. *Strategic Management Journal*, 2015, 36(4): 586-597.
- [30] GUAN J, ZHANG J, YAN Y. The impact of multilevel networks on innovation[J]. *Research Policy*, 2015, 44, (3): 545-559.
- [31] TSAI W. Knowledge transfer in intraorganizational networks: Effects of network position and absorptive capacity on business unit innovation and performance[J]. *Academy of Management Journal*, 2001, 44(5): 996-1004.
- [32] CHULUUN T, PREVOST A, UPADHYAY A. Firm network structure and innovation[J]. *Journal of Corporate Finance*, 2017, 44: 193-214.
- [33] VASUDEVA G, ZAHEER A, HERNANDEZ E. The embeddedness of networks: Institutions, structural holes, and innovativeness in the fuel cell industry[J]. *Organization Science*, 2013, 24(3): 645-663.
- [34] JIAO H, ZHOU J, GAO T, et al. The more interactions the better? The moderating effect of the interaction between local producers and users of knowledge on the relationship between R&D investment and regional innovation systems[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2016, 110: 13-20.
- [35] FREEMAN L C. Centrality in social networks conceptual clarification[J]. *Social Networks*, 1978, 1(3): 215-239.
- [36] 刘军. 整体网分析[M]. 上海: 格致出版社, 2014.  
LIU Jun. Global network analysis[M]. Shanghai: Truth and Wisdom Press, 2014.

## Research on the influence of university knowledge network on the industry – university collaborative innovation performance

Wang Haihua<sup>1</sup>, Du Mei<sup>2</sup>, Liu Zhaocheng<sup>1</sup>

(1. School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China;

2. Shanghai International College of Intellectual Property, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** With the rapid development of science and technology, innovation has become an important driving force to promote high – quality economic development. As an important innovation model in the national innovation system, industry – university collaborative innovation plays an important role in promoting the implementation of the strategy of strengthening the country through science and technology. In the process of collaborative innovation, universities play a key role in promoting collaborative innovation and enhancing national innovation strength. Therefore, how to improve the knowledge management ability of universities, enhance the development of industry – university collaborative innovation, and then heighten the overall innovation ability of the country has become a common concern issue in research and practice of innovation. Meanwhile, industry – university collaborative innovation is not only affected by the university knowledge networks, but also affected by the regional collaborative network. In addition, the university knowledge network is no longer limited to the static network structure, but also includes the network behaviors and activities, which is a dynamic process.

Based on the perspective of dependent multi – layer network, this paper uses the invention patents data applied by the Double First – Rate Universities from 1985 to 2018 to construct a multiple network research framework including university knowledge network and regional collaborative network. Among them, the university knowledge network and the regional cooperation network are formed by 31 provincial – level regions in China and university knowledge elements, respectively. Further, the dependent variable is the industry – university collaborative innovation performance, that is the total number of patents jointly applied for by the Double First – Rate Universities every year. The independent variables are the static characteristics of university knowledge network, which are the diversity, uniqueness, structural holes and centrality of university knowledge network, and the dynamic characteristics of university knowledge network, which are the expansion and stability of university knowledge network. The moderating variables are the centrality and structural hole of regional cooperation network. At the same time, the number of university cooperative enterprises, the level of regional economic development and the number of scientific and technological papers published by universities are taken as control variables. Therefore, based on the social network theory and resource – based view, this paper constructs the time – fixed negative binomial regression model by using Stata 16.0 to analyze the impact of static and dynamic characteristics of university knowledge network on industry – university collaborative innovation performance, and the moderating effect of regional collaborative network.

The results show that the diversity of university knowledge network has a significant inverted U – shaped effect on industry – university collaborative innovation performance; the uniqueness, structural hole, expansion and stability of university knowledge network have a significant positive impact on the industry – university collaborative innovation performance; the structural hole of regional collaborative network has a positively moderating effect between the uniqueness, expansion of university knowledge network on the industry – university collaborative innovation performance; the centrality of regional collaborative network has a positively moderating effect between the diversity, uniqueness, structural hole, expansion, stability of university knowledge network and industry – university collaborative innovation performance.

The theoretical contributions of this paper include two aspects: Firstly, this study expands the impact of static characteristics of university knowledge networks on industry – university collaborative innovation performance by considering positive or negative direction. It also makes up for the inadequacy of exploring the relationship between university knowledge networks and industry – university collaborative innovation performance only from a single level. Secondly, from the perspective of interdependent multi – layer network, university knowledge networks, regional collaborative network and industry – university collaborative innovation performance are integrated into one research framework to enrich social network theory.

Based on the empirical analysis, this paper puts forward some suggestions for the behavior of universities. Firstly, universities should improve the knowledge network structure, expand their own knowledge coverage areas, comprehensively utilize diverse knowledge and unique knowledge, promote interdisciplinary cross integration, enhance their knowledge reserve and knowledge reorganization ability, and create valuable heterogeneous knowledge resources to improve the efficiency of industry university collaborative innovation. Secondly, universities should take into account the advantages of disciplines and emerging disciplines, develop emerging technologies such as artificial intelligence and blockchain, and promote the dynamic improvement of knowledge base, so as to break through the limitations of existing knowledge rigidity on innovation ability. Finally, universities should give full play to their regional advantages, find the driving point from the regional innovation policies, excavate the policy support and innovation guarantee mechanism provided by the region, and cooperate with the government and enterprises through project cooperation.

**Keywords:** interdependent multi – layer network; university knowledge network; regional collaborative network; industry – university collaborative innovation performance