

中国高校科技人才学缘结构和流动网络研究

侯剑华, 耿冰冰, 张 洋*

(中山大学 信息管理学院, 广州 510006)

摘要: [目的 / 意义]本研究通过分析高校学缘结构和人才流动特征, 提出对应的优化学缘结构、合理布局人才资源的建议, 以优化科研队伍结构、促进学术创新和科研产出。[方法 / 过程]本研究通过统计分析和社交网络分析方法, 对中国高校人工智能领域科技人才的学缘结构从层次性、广泛性、聚集性等 3 个方面进行分析, 对该领域高校间的人才流动网络从跨校、跨地区、高校属性几个方面探究其流动特征。[结果 / 结论]本研究提出高校方面要转变用人观念、引进人才竞争机制、公开招聘延揽各地人才、创造更多的学术交流机会如增加高校间学习交流项目等, 政府方面需加强政策导向、加大经费扶持、制定法律法规等, 以此达到优化学缘结构、促进人才流动、合理化科研队伍结构的目的。

关键词: 科技人才; 学缘结构; 人才流动; 社交网络分析

中图分类号: G353.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-1248 (2021) 06-0066-15

引用本文: 侯剑华, 耿冰冰, 张洋. 中国高校科技人才学缘结构和流动网络研究[J]. 农业图书情报学报, 2021, 33(6): 66-80.

Academic Origin Structure and Mobility Network of Technological Talent in Chinese Universities

HOU Jianhua, GENG Bingbing, ZHANG Yang*

(School of Information Management, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006)

Abstract: [Purpose/Significance] This paper analyzes the structure of academic origin and the characteristics of talent

收稿日期: 2021-03-15

基金项目: 国家社会科学基金项目“我国科技人才评价理论、方法体系与实现机制的创新研究”(20BTQ085); 广东省软科学研究计划项目“面向粤港澳大湾区的科技评价机制、方法与应用研究”(2018A070712016); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“新型信息环境下科技综合评价体系研究”(19wkzd28); 中山大学国家高等教育质量常态监测数据中心开放基金资助项目“新时期本科教育质量的计量指标与评价体系研究”(B2103)

作者简介: 侯剑华 (ORCID: 0000-0003-2138-6275), 男, 博士, 教授, 博导, 中山大学信息管理学院, 研究方向为科学计量与科技评价。耿冰冰 (ORCID: 0000-0003-0657-9167), 女, 硕士研究生, 研究方向为科学计量与科技评价

***通信作者:** 张洋 (ORCID: 0000-0002-6442-3593), 男, 博士, 教授, 博导, 中山大学信息管理学院, 研究方向为信息计量学、科学计量学、科技评价。Email: zhyang2@mail.sysu.edu.cn

mobility between universities, and puts forward suggestions on optimizing the structure of academic origin and rationally arranging talent resource to optimize the structure of the scientific research team and promote academic innovation and scientific research output. [Method/Process] This article uses statistical analysis and social network analysis methods to analyze the academic origin structure of scientific and technological talent in the field of artificial intelligence in Chinese universities from the aspects of hierarchy, extensiveness, and aggregation. At the same time, the talent mobility network between universities in this field is explored from the aspects of trans-school mobility, trans-regional mobility and university attribute. [Results/Conclusions] This article proposes that universities should change their concept of employment, introduce talent competition mechanisms, openly recruit talent from all over the world, and create more academic exchange opportunities such as increasing learning exchange programs between universities. The government needs to strengthen policy guidance, increase funding support, formulate laws and regulations, etc., in order to achieve the goal of optimizing the structure of academic origin, promoting the mobility of talent, and rationalizing the structure of the scientific research team.

Keywords: scientific and technological talent; academic origin structure; talent mobility; social network analysis

1 引言

高校的科技人才是指高校中从事科学研究工作且有一定发文的教师、专职科研人员等,他们组成了高校的科研队伍,是国家人才培养和发展科研力量的重要目标。新时代对科技创新的需求日益增高,高校已成为国家科研创新的中坚力量之一,因此加强高校科研发展尤为重要,而具有合理的科研队伍是高校实现科研产出的基础,其中一个重要方面就是科技人才的学缘结构^[1]。广义上讲,“学缘”指一位科技人才在求学阶段就读的高校、所学的专业、从师的权威教授、受教的学术流派等^[2]。高校的每一位科技人才就读的学校、受教的学术流派不可能完全一样,他们组合成的科研队伍自然也就形成了各自的学缘结构。

目前国内外学缘结构的研究从总体情况看真正深入的并不多,往往是以学术上的近亲繁殖现象为切入点进行讨论的。国外早期的研究主要关注的是学缘结构单一的问题,认为学缘结构单一、近亲繁殖会使学术发展受到不利影响^[3,4]。国内大多数研究者把高校教师的本校与外校来源比例作为学缘结构的主要关注问题。研究内容主要有以下5个方面:①学缘结构的定

义^[5,9];②中国高校科研队伍学缘结构的现状^[10-12];③近亲繁殖现象^[13];④学缘结构对职业发展、工作绩效等的影响^[14,15];⑤学缘结构的测量指标探索^[16]、优化建议与措施^[17,18]。从研究来看中国高校科技人才中的教师、专职科研人员本校学缘占比最大,近亲繁殖、学缘结构单一的问题普遍存在。“近亲繁殖”造成了人才流动困难,阻碍了高校进一步提高科技人才质量以,不利于学术研究的的发展。合理的学缘结构应是多源化的,这样可以防止形成学术派阀,打破高校人事制度中“一潭死水”的状态^[19],有益于不同学术思想之间的交流,能有效促进科研队伍素质的提高以及高校之间优秀人才的合理流动。2011年教育部颁发的《全国教育人才发展中长期规划(2010—2020年)》指出要大力改善高校教师学缘结构、减少“近亲繁殖”、组建开放的教学和科研队伍、聘用各机构优秀人才等。可见学缘结构的优化和通过人才流动达到科技人才的合理配置已被高等教育提上日程,其也逐渐成为反映高校科研队伍整体质量、衡量科研队伍科研创新能力高低的重要指标。

现在已有许多学者通过科研人员的履历数据^[20-24],从空间地理、职业部门、智力等维度,探寻科研人才成长与流动的关系,分析人才流动的典型路径和模式,

为合理布局人才资源、主动引导人才流动方向等提供参考。但鲜有将人才流动和学缘结构结合分析的研究,本研究将从人才流动这一新角度探究优化学缘结构的新思路。本研究认为学缘结构是静态状态,是一系列动作的积累,其中之一就是人才跨校的流动。教师队伍的结构也只有通过流动才能调节^[2],许多学者认为人才的合理流动是实现教师队伍最佳配置的根本途径。那么同理科研队伍的结构也是可以通过人员的流动来调节的,高校科技人才的合理流动不失为实现科研队伍学缘结构合理化的一种途径。

鉴于此,本研究对高校科技人才静态的学缘结构以及动态的人才流动特征探讨分析,根据得到的结果对人工智能领域高校科技人才学缘结构的优化和人才流动的配置、引导提出建议与措施,以期通过正确引导人才流动来合理布局人才资源、优化科研队伍结构。同时也能为中国高校从人才流动角度改善科研队伍结构、活跃学术氛围、促进科研发展创新提供一些借鉴与参考。结合前人研究,在本研究中认为高校科技人才学缘结构包括体现学缘聚集性,层次性,广泛性的亲缘度、优缘度、广缘度三大要素,分别反映学缘集中程度、学缘质量层次、学缘来源广泛性^[9];本研究中探讨的人才流动主要指科技人才在不同高校间的任职变化流动。

2 数据与方法

2.1 研究对象选取

人工智能是以计算机科学为核心的多学科研究领域。近年来,它越来越受到人们的重视。2015年,中国颁布了《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》,首先在国家战略层面提到了人工智能;2016年《“十三五”国家科技创新规划》、十九大报告均指出大力推动人工智能发展,2017年国务院也印发《关于印发新一代人工智能发展规划的通知》,这些都体现了人工智能作为中国重要发展战略对国家建设、产业变革与技术创新的重要性。

2021年软科学科排名显示,在人工智能领域所属的计算机科学与技术学科中,清华大学、北京大学、哈尔滨工业大学、浙江大学、国防科技大学排名处于前2%;中国科学技术大学、南京大学、上海交通大学、华中科技大学等多所学校处于前5%位次,可以初步看出人工智能领域排名靠前的学校集中在北京地区、华南地区。

中国人工智能领域的研究正处于高速发展阶段,因此本研究以人工智能领域为切入点,选择不同水平层次的高校作为样本来反映说明中国高校科技人才学缘结构和流动网络特征。

2.2 数据来源

研究选择 Web of Science 的中国科学引文数据库作为来源数据库进行检索,时间限定为 2010—2020 年,采用高级检索中主题词检索方式。检索主题词除“人工智能 (Artificial Intelligence)”外,还加入了人工智能领域相关技术关键词“机器学习 (Machine Learning)”“自然语言处理 (Natural Language Processing)”“人脸识别 (Face Recognition)”“图像识别 (Image Recognition)”“计算机视觉 (Computer Vision)”“语音识别 (Speech Recognition)”“语义搜索 (Semantic Search)”“语义网络 (Semantic Network)”等。这些关键词来源于中国人工智能发展报告 (2018)^[25],该报告咨询了计算机领域相关专家,根据人工智能的热点研究问题提供了检索关键词。本研究中的科技人才指的是高校中从事科学研究的、有一定数量发文的人员,所以在检索得到的结果中以发文机构为高校、作者发文记录数大于 4 为条件进行进一步精拣,筛选到了吉林大学、北京航空航天大学、北京科技大学等学校作为本研究的研究对象,并检索获得了发文数量位于前列的 125 名高校科技人才名单。

接着以 Scopus 学者信息库为主,以百度百科、维基百科及学者所在院校官网为辅,手动检索采集科技人才的教育经历、工作经历等信息。检索学者时确保其姓名拼写形式完整并多次组合检索以求数据获得全面,并根据学者背景、地址等排除重名,确保准确。

本研究中的“学缘结构”主要包括科技人才的最高学历、本硕博毕业院校、毕业院校地域、本校或外校来源构成这几部分；在人才流动方面本研究主要分析科技人才在不同高校间工作任职的变化流动。因此收集的信息涉及了每位科技人才的本硕博就读高校及专业、就读高校属性及所在省份、毕业后任职高校 1、2、3（分别代表第一任职高校、中间任职变化高校、最终任职或现任高校）及其所在省份和属性等。除去无法获取相关信息的数据后，剩余 104 名科技人才的信息作为本文研究的基础数据集，这 104 位科技人才的学业经历和工作任职经历都较为完整，形成了如表 1 所示的科技人才信息表。

2.3 研究方法

本研究利用统计分析方法对学缘结构的层次构成、类别构成、空间分布进行探究，将数据收集最后得到的 104 位科技人才的相关信息数据导入 SPSS 进行一致性检测、无效值和缺失值处理等核对、清洗及重新编码步骤，便可得到可以统计分析的数值型数据。

本研究借鉴履历分析法采集科技人才数据，利用社会网络工具 Pajek 软件进行人才流动网络的构建。通过构建社会网络并以此为基础进行网络要素、结构和派系分析，探究人才流动模式、流动路径等特征。社会网络中的中心度反映了某个网络节点与其他节点相关联的程度，某个节点与其他节点间关系越强其中心度越高，同时其也在网络中具有较大的影响力和重要的地位。社会网络的网络密度则可以反映节点间相互连接的密集程度，体现网络中实体之间的关系强度和

网络结构的紧密度，取值范围为 0~1，值越大代表社会网络结构密度越高，节点间关系越紧密。在本研究中主要构建的是有向流动网络，网络节点指人才流动网络中的科技人才或者高校，本研究人才流动网络中边表示科技人才在不同高校机构的任职变化流动。

3 学缘结构分析

在完成科技人才信息的收集后，首先对其学缘结构现状进行描述分析，本研究借鉴胡学实^[9]对学缘的内涵定义，从学缘结构的层次性、广泛性、聚集性进行分析，分别能反映出高校科研队伍的学缘质量、种类和数量、学缘的地理分布、学缘的近亲程度。

3.1 学缘结构的层次性

分析高校科技人才各求学阶段就读的院校是否相同是研究学缘结构的一个重要角度，它可以反映出其学缘结构的学缘数量和种类^[9]。如果一位科技人才在本硕博阶段分别在 3 所不同的学校就读，那么他的学习经历较为丰富，接触的学术流派不会那么单一，同时能够积累更多的学术社交资源。本研究将科技人才的教育经历分为 7 类模式：① 学士毕业；② 本、硕异校（硕士毕业）；③ 本、硕同校（硕士毕业）；④ 本、硕、博同校（博士毕业）；⑤ 本、硕、博异校（博士毕业）；⑥ 本、硕同校，硕、博异校（博士毕业）；⑦ 本、硕异校，硕、博同校（博士毕业）。而本研究所选取的科技人才绝大多数为博士以上学历，所以以下分析只涉及取得博士学位的科技人才，分析得到了最终任职或现

表 1 部分科技人才信息表

Table 1 Information on some scientific and technological talents

| 科技人才编码 | 本科毕 业高校 | 本科毕 业省份 | 本科毕 业水平 | 硕士毕 业高校 | 博士毕 业高校 | 最高 学历 | 任职 高校 1 | 任职 高校 2 | 任职 高校 3 | 高校 3 水平 |
|--------|------------|------------|------------|------------|--------------|----------|-------------|------------|------------|------------|
| A1 | 吉林大学 | 吉林 | 985 | 吉林大学 | | 硕士 | 吉林大学 | 吉林大学 | 吉林大学 | 985 |
| A2 | 武汉大学 | 湖北 | 985 | 上海交通 大学 | 中国科学院 | 博士 | 武汉理工 大学 | 中国科学院 | 北京科技 大学 | 211 |
| A3 | 青岛科技 大学 | 山东 | 双非 | 浙江大学 | 伦塞利尔 理工学院 | 博士 | 美亚利桑那 大学 | 中国科学院 | 中国科学院 | 985 |

任高校（任职高校3）水平不同的科技人才的求学阶段就读院校情况，如表2所示。

由表2可以看出在人工智能领域985重点大学博士以上学位的科技人才其本硕博3个学习阶段在同一所高校就读的比例要远高于其他几种情况，而普通双非大学博士以上学位的科技人才其在本硕博3个阶段于两所以上不同院校就读的比例略高。这体现出985大学的学生在升读时偏向于选择在本校学习，可能是因为国内重点大学数量有限。同时也反映出普通双非大学毕业生倾向于到别的重点大学升学就读以获得更高学位的教育向上流动趋势。

3.2 学缘结构的广泛性

科技人才的最高学历取得高校的地域来源分布，在学缘上指其所继承的学术流派的发祥地的地理分布格局，可以反映学缘的广泛性^[9]。来自于不同地域科技

人才间的交流可以促进科研队伍对各地学术流派思想的吸收。本研究按地域分布将科技人才的学缘地域来源分为本市高校、本省非本市高校、省外高校、国外高校，且认为在学缘广泛程度上从大到小依次为国外、省外、本省非本市、本市^[9]。

表3结果显示出在人工智能领域，无论是985类高校，还是211高校，其科技人才的地域来源分布占比最多的均为本市，远高于其他地域来源占比，地域来源多样化程度较小，学缘广泛性不强。反映了参与人工智能领域研究的高校，在吸纳人才方面存在地区性倾向。另由表3看出普通双非高校的省外来源比例与985、211高校相比较高，甚至占有近一半比例，这与普通高校招聘时倾向于更高层次科技人才有一定关系。同时与优质高校不同，普通双非院校毕业生留校情况较少，且少有设置硕士点、博士点，因此这类学校从本市引进科技人才的机会较少，省外学缘自然会

表2 博士以上学历科技人才各求学阶段同校情况

Table 2 The status of the universities and colleges attended by scientific and technological talents with a doctoral degree in their different learning stages

| 本硕博同校情况 | 项目 | 211 | 985 | 双非 | 总计 |
|---------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| ④ | 计数/个 | 7 | 26 | 5 | 38 |
| | ④情况的百分比/% | 18.4 | 68.4 | 13.2 | 100.0 |
| | 任职高校3水平的百分比/% | 33.3 | 46.4 | 33.3 | 41.3 |
| | 占总计的百分比/% | 7.6 | 28.3 | 5.4 | 41.3 |
| ⑤ | 计数/个 | 4 | 8 | 4 | 16 |
| | ⑤情况的百分比/% | 25.0 | 50.0 | 25.0 | 100.0 |
| | 任职高校3水平的百分比/% | 19.0 | 14.3 | 26.7 | 17.4 |
| | 占总计的百分比/% | 4.3 | 8.7 | 4.3 | 17.4 |
| ⑥ | 计数/个 | 7 | 9 | 2 | 18 |
| | ⑥情况的百分比/% | 38.9 | 50.0 | 11.1 | 100.0 |
| | 任职高校3水平的百分比/% | 33.3 | 16.1 | 13.3 | 19.6 |
| | 占总计的百分比/% | 7.6 | 9.8 | 2.2 | 19.6 |
| ⑦ | 计数/个 | 3 | 13 | 4 | 20 |
| | ⑦情况的百分比/% | 15.0 | 65.0 | 20.0 | 100.0 |
| | 任职高校3水平的百分比/% | 14.3 | 23.2 | 26.7 | 21.7 |
| | 占总计的百分比/% | 3.3 | 14.1 | 4.3 | 21.7 |
| 总计 | 计数/个 | 21 | 56 | 15 | 92 |
| | 本硕博同校情况的百分比/% | 22.8 | 60.9 | 16.3 | 100.0 |
| | 任职高校3水平的百分比/% | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| | 占总计的百分比/% | 22.8 | 60.9 | 16.3 | 100.0 |

表 3 不同地域来源的学缘分布

Table 3 Geographical source distribution of academic origin structure

| 最终学历取得来源 | 项目 | 211 | 985 | 双非 | 总计 |
|----------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| 本省非本市 | 计数/个 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| | 任职高校 3 水平的百分比/% | 0.0 | 1.5 | 6.3 | 1.9 |
| | 占总计的百分比/% | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.9 |
| 本市 | 计数/个 | 15 | 45 | 7 | 67 |
| | 任职高校 3 水平的百分比/% | 68.2 | 68.2 | 43.8 | 64.4 |
| | 占总计的百分比/% | 14.4 | 43.3 | 6.7 | 64.4 |
| 国外 | 计数/个 | 3 | 7 | 0 | 10 |
| | 任职高校 3 水平的百分比/% | 13.6 | 10.6 | 0.0 | 9.6 |
| | 占总计的百分比/% | 2.9 | 6.7 | 0.0 | 9.6 |
| 省外 | 计数/个 | 4 | 13 | 8 | 25 |
| | 任职高校 3 水平的百分比/% | 18.2 | 19.7 | 50.0 | 24.0 |
| | 占总计的百分比/% | 3.8 | 12.5 | 7.7 | 24.0 |
| 总计 | 计数/个 | 22 | 66 | 16 | 104 |
| | 任职高校 3 水平的百分比/% | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| | 占总计的百分比/% | 21.1 | 63.5 | 15.4 | 100.0 |

比较多, 学缘的地域来源分布也更多样化。

3.3 学缘结构的聚集性

高校科技人才的来源构成状态, 具体指本校毕业生与非本校毕业生之间的比例关系, 可以反映出高校科研队伍结构的学缘聚集性^[9], 进而说明高校科研队伍的科技人才学术教育背景与所任职高校之间的近亲程度。如果一位科技人才在本硕博阶段均曾在其任职高校就读, 那么其与所任职高校的学缘联系就非常亲密, 近亲程度很高; 反之, 则近亲程度就没有那么高^[9]。根据高校科技人才各阶段学历获得情况和现任职高校情况, 高校科技人才的学缘近亲强度由强到弱可分为: ①本校本学科专业; ②本校非本学科专业; ③非本校毕业。最终任职或现任高校(任职高校 3)水平不同的科技人才近亲程度分析结果如表 4 所示。

从整体上可以看出人工智能领域水平层次越高的高校其本校本学科毕业的科技人才所占比例越高, 学缘上亲密程度越高, “近亲繁殖”现象越严重。尤其是 985 大学的科技人才中本校本学科毕业人员占比高达 68.2%, 远高于非本校毕业生占比。而且表 4 中数据表明很多重点 985 大学科技人才是选择在本校完成

本硕博连读, 而且很多毕业后直接在母校任教, 造成学缘相近现象严重, 如吉林大学; 然而就 211 大学和普通双非大学来说, 占比最高的科技人才均为非本校毕业生。

本研究分析认为这是由于中国高校科技人才招聘范围较小、可选择性少, 985 类高校必须从同类重点高校中招聘或引进才能获得优质的学缘, 本校学生留校的可能性也因此增大。相反, 普通高校为引进更优秀的人才, 提高自身科研力量和办学水平, 倾向选择更高层次的高校毕业生, 这在一定程度上减轻了其近亲繁殖程度。

4 人才流动分析

在对科技人才的学缘结构进行分析后, 还要探明其人才流动特征, 这样才能从人才流动的角度促进科技人才资源的合理配置, 活跃科研队伍学术氛围。本研究参考履历分析方法, 从社会网络分析角度对所选取的人工智能领域各高校科技人才毕业后的工作流动进行分析, 从其任职高校的变化切入分析其跨校流动、跨地区流动以及高校属性的流动特征。本研究采用软

表4 本校与非本校毕业生占比分布

Table 4 The distribution of the proportion of scientific and technological talents who graduated from the university and those who did not

| 学缘近亲程度 | 项目 | 211 | 985 | 双非 | 总计 |
|--------|---------------|-------|-------|-------|--------|
| ① | 计数/个 | 7 | 45 | 2 | 54 |
| | ①情况的百分比/% | 13.0 | 83.3 | 3.7 | 100.0% |
| | 任职高校3水平的百分比/% | 31.8 | 68.2 | 12.5 | 51.9 |
| | 占总计的百分比/% | 6.7 | 43.3 | 1.9 | 51.9 |
| ② | 计数/个 | 2 | 3 | 1 | 6 |
| | ②情况的百分比/% | 33.3 | 50.0 | 16.7 | 100.0 |
| | 任职高校3水平的百分比/% | 9.1 | 4.5 | 6.3 | 5.8 |
| | 占总计的百分比/% | 1.9 | 2. | 1.0 | 5.8 |
| ③ | 计数/个 | 13 | 18 | 13 | 44 |
| | ③情况的百分比/% | 29.5 | 40.9% | 29.5 | 100.0 |
| | 任职高校3水平的百分比/% | 59.1 | 27.3 | 81.3 | 42.3 |
| | 占总计的百分比/% | 12.5 | 17.3 | 12.5 | 42.3 |
| 总计 | 计数/个 | 22 | 66 | 16 | 104 |
| | 学缘近亲程度的百分比/% | 21.2 | 63.5 | 15.4 | 100.0 |
| | 任职高校3水平的百分比/% | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| | 占总计的百分比/% | 21.2 | 63.5 | 15.4 | 100.0 |

件 Pajek 进行数据处理并实现社会网络的可视化，主要是通过分别以任职高校、高校所在的省份、高校的属性为网络节点，以科技人才在各所高校之间工作任职的变化流动为连接网络节点的边，以任职时间先后决定边的箭头方向，同时根据节点在网络中的中心度大小区分各个节点的大小和颜色，最后构建出社会网络研究科技人才流动特征。

4.1 跨校流动分析

本研究根据科技人才取得最终学历后开始工作任职的高校变化，构建有向网络对其进行跨校流动分析，得到了图1的跨校流动网络。从图1可以看出，高校间的跨校流动强度参差不齐。总体上，由 Pajek 处理得到的该流动网络密度为 0.03，认为跨校流动网络的结构极为稀疏，节点间即各个高校间的联系紧密度极小，也说明该领域科技人才在高校间的流动不多，学校间的科技人才交流项目以及外校人才引进计划有待增加。

具体来说，图1中上半部分一些科研能力比较强的理工科类高校在科技人才的工作流动中，无论是出现的频繁程度还是与之有流动关联的高校数量都有绝

对优势，如图1节点比较大的、有向边连接比较多的中国科学院、吉林大学，可以说是处于科技人才流动网络中的主要地位。北京科技大学和哈尔滨工业大学在流动网络中也占据一定的地位等。而图1中下半部分其他一些综合类高校或学校水平相对较低的高校节点较小、有向边连接较少，说明其科技人才流动性不高，比如北京大学、同济大学、西安交通大学、青岛大学、陕西科技大学等；有的高校节点甚至没有箭头流入和流出，表示其几乎没有出现科技人才的工作流动，如湖南大学、西安电子科技大学、华东理工大学。

流动网络中节点比较大的高校表示其中心性较高，有向边连接数量越多表示其与其他高校之间科技人才的输入和输出越频繁，这所高校的科技人才流动性自然就比较强，对图1中流动性较强的高校进行进一步分析，发现主要存在图2、图3中的几个强流动性群体。

由 Pajek 软件处理后得到的结果可以得知各高校科技人才具体的输入与输出数量，如表5所示。可以看出，在人工智能领域吉林大学是科技人才输入最多的高校机构，中国科学院、北京科技大学、大连理工大学、哈尔滨工业大学人才输入量次之。其中对吉林大

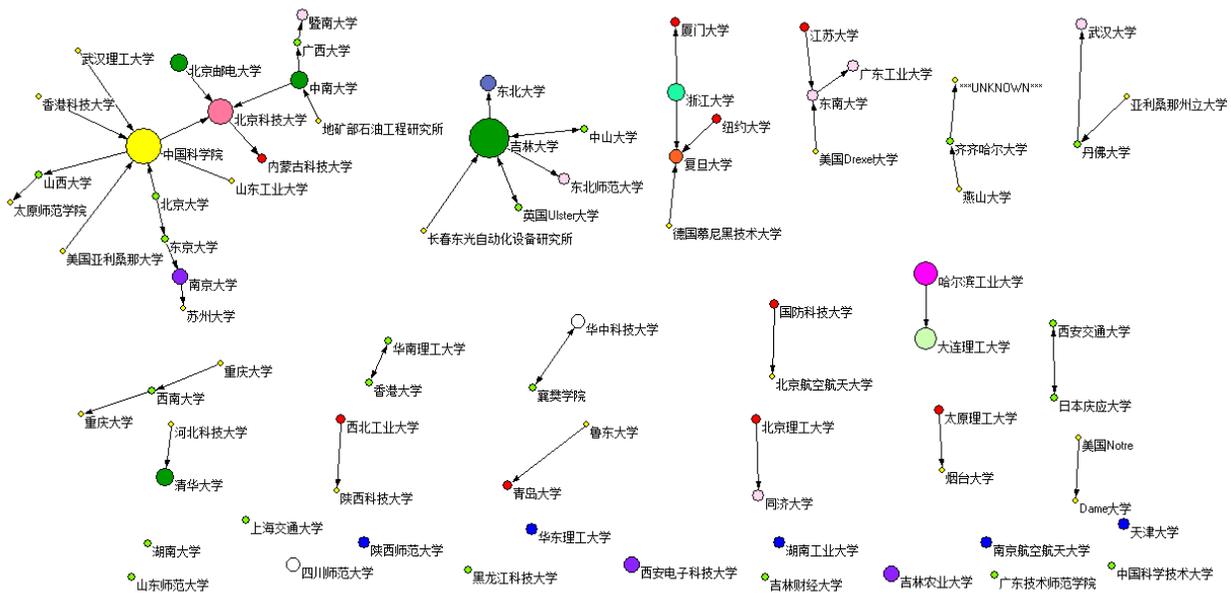


图1 跨校流动网络图

Fig.1 Trans-school mobility network

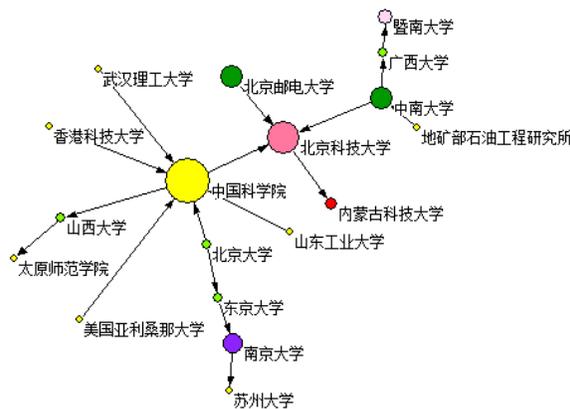


图2 强流动性群体

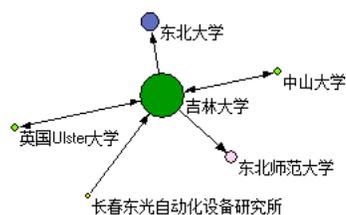
Fig.2 Group^① with strong mobility

图3 强流动性群体

Fig.3 Group^② with strong mobility

学来说主要是输入到其计算机科学与技术学院,对中国科学院则是输入到其计算技术研究所和自动化研究所,这些院系占据了人工智能领域研究的主要位置;科技人才输出最多的高校为吉林大学,远高于其他高

表5 部分高校输入、输出数量表

Table 5 Input and output quantity of some universities

| 高校 | 输入数量/人 | 输出数量/人 |
|---------|--------|--------|
| 吉林大学 | 25 | 26 |
| 中国科学院 | 22 | 19 |
| 北京科技大学 | 12 | 10 |
| 哈尔滨工业大学 | 8 | 9 |
| 大连理工大学 | 8 | 7 |

校如中国科学院和北京科技大学,它往其他高校输出的科技人才也主要是去往计算机科学与技术学院任职。

总而言之,无论是从科技人才的输入还是输出角度来说,吉林大学、中国科学院、北京科技大学、哈尔滨工业大学是人工智能领域热门尖端院校,在该领域科技人才流动网络中占据了重要地位。

此外,这几所高校的科技人才输入与输出还呈现出一定的地域倾向。吉林大学输出的科技人才主要流动到同在东北地区的其他高校任职,如东北大学、东北师范大学;北京科技大学的科技人才输入主要来自北京地区;中国科学院则与之相反,其科技人才的输入来源广泛,有北京的北京大学,湖北的武汉理工大学,以及香港的香港科技大学,涉及不同地区不同省份。可能因为它是中国科学院研究生招生和培养的管

理部门和教学实体,以研究生教育为主,而且其科研实力在全国名列前茅,自然会吸引来自全国各地的优质科技人才。

4.2 跨地区流动分析

本研究通过科技人才任职高校所在省份的变化,分析其跨地区流动情况,构建出如图4所示的跨地区流动网络。Pajek处理得到的结果显示跨地区流动网络的网络密度为0.28,数值较小,表示该网络的密度较低,节点间关系不紧密,这反映出各省之间科技人才的联系不紧密,交流不频繁,流动强度不大,需要采取相应措施进一步促进各个省份之间的科技人才交流,如增加省际科技人才学习交流项目等。

图4显示,在这个流动网络中北京节点最大、有向边连接最多,即中心性最高、流动性最强,居于最重要的位置。北京吸引聚集了来自全国各个省份的科技人才,具有强大的科技人才输入能力,这与其作为全国政治经济文化中心的性质有关,另外两院和其他国家高级技术研究机构的存在让它成为了人工智能领域尖端科技人才的汇聚地。

另外吉林、上海、广东、江苏、辽宁这几个省份

虽然流动性远不如北京,但是也具有不小的流动强度。上海、广东、江苏这几个省份是中国综合实力最强、发展最好的几个省份,同时也是一些重点高校的聚集地,其他省份的科技人才倾向于到这些城市发展,也就导致了这几个省份在跨地区流动网络中具有较大的流动强度。而且表6显示这些流动强度大的几个省份其科技人才输入与输出数量都远多于其他省份,说明人工智能领域的高校科技人才倾向于流入到北上广这些经济、教育等综合实力最强的一线城市,同时这些城市由于聚集了大量有影响力的科技人才在跨地区交流中也具有了强大的输出能力。而吉林、辽宁这两个东北地区城市流动强度大的原因很可能与在人工智能领域占有重要地位的吉林大学有关。

另外从总体上看,各省份在科技人才工作流动中出现的频繁程度从中国东部地区到西部地区逐渐减弱,西北、西南等偏远地区人才流动性不强,这也反映了中国现在存在的教育、经济发展水平不均衡的现状。西部地区因地理位置的限制,政治经济文化发展较东部地区都处于落后阶段,处在劣势的政治经济地位,自然人才吸引力也不会很高,很多处于边远地区或者办学条件比较差的学校很难从外地大学吸引到高层次

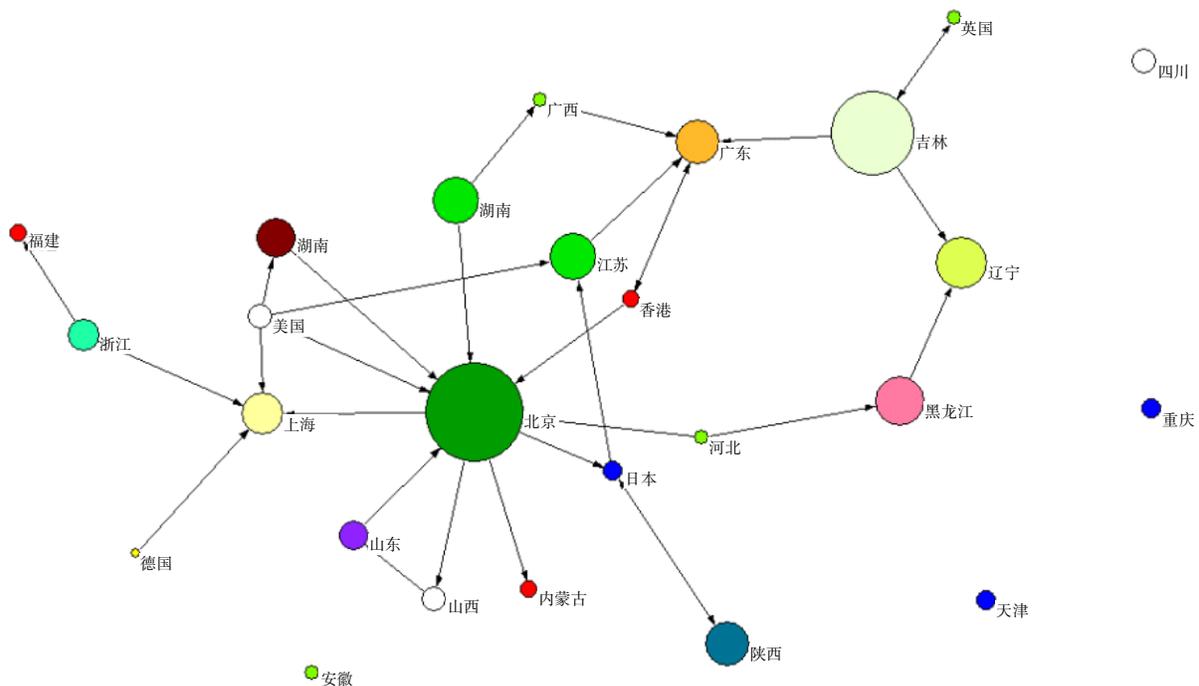


图4 跨地区流动网络图

Fig.4 Trans-regional mobility network

表6 各省份输入、输出数量表

Table 6 Input and output quantity of every province

| 省份 | 输入数量/人 | 输出数量/人 | 省份 | 输入数量/人 | 输出数量/人 |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| 吉林 | 32 | 34 | 浙江 | 4 | 6 |
| 湖北 | 7 | 7 | 上海 | 10 | 6 |
| 北京 | 47 | 44 | 天津 | 2 | 2 |
| 美国 | 1 | 5 | 福建 | 2 | 1 |
| 湖南 | 9 | 12 | 日本 | 2 | 2 |
| 广东 | 11 | 8 | 山西 | 3 | 3 |
| 江苏 | 11 | 10 | 陕西 | 9 | 9 |
| 黑龙江 | 11 | 11 | 内蒙古 | 2 | 1 |
| 辽宁 | 13 | 11 | 香港 | 1 | 2 |
| 四川 | 3 | 3 | 广西 | 1 | 1 |
| 河北 | 0 | 2 | 重庆 | 2 | 2 |
| 山东 | 4 | 4 | 德国 | 0 | 1 |
| 英国 | 1 | 1 | 安徽 | 1 | 1 |

的优秀科技人才来校任职。

4.3 高校属性流动分析

根据科技人才任职高校属性的变化构建出图5所示的高校属性流动网络图, 该网络密度值为0.38, 网络的结构密度较大, 代表各属性高校间联系紧密, 人工智能领域科技人才在不同属性高校间均有强度不小的流动。

图5中部属985本科类节点最大, 此类高校的中心性最高, 在科技人才的工作流动中出现非常频繁, 流动性最强, 在此流动网络中占据最重要的地位。同时从表7各属性类型高校具体输入和输出数量上看, 部属985本科类高校科技人才的输入和输出均为最多的, 远远高于部属211本科、省属本科、部属院校(本研究中特指中国科学院), 在科技人才的流动网络中占据绝对优势。其中中国科学院以一己之力在各属

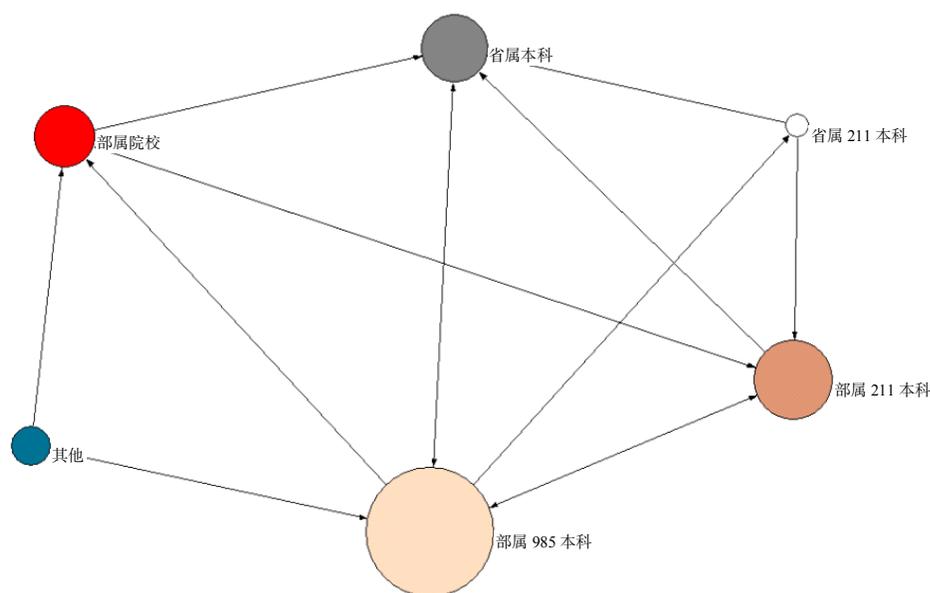


图5 高校属性流动网络图

Fig.5 Mobility network of university attribute level

表7 各属性高校输入、输出数量表

Table 7 The quantity of input and output of universities with various attributes

| 高校属性 | 输出数量/人 | 输入数量/人 |
|-----------|--------|--------|
| 部属 985 本科 | 94 | 95 |
| 部属 211 本科 | 34 | 36 |
| 部属院校 | 20 | 23 |
| 其他 | 13 | 5 |
| 省属本科 | 25 | 27 |
| 省属 211 本科 | 3 | 3 |

性高校中占据了一席之地，其科技人才的输入和输出能力不容小觑。而省属 211 本科类高校是科技人才流动最不频繁的，在各类高校中输入和输出数量最少。另外，部属 985 本科类高校科技人才的输入主要来源于省属 211 本科、省属本科和其他类高校，但从输出角度来看其科技人才是有输出至各类高校。

总体上人工智能领域部属 985 本科类高校同时具备最强大的科技人才输入和输出能力，这与其强大的学校综合实力紧密相关，省属 211 本科类高校的科技人才输入和输出能力都是最差的，大体上部属类高校强于省属类高校，省属类高校科技人才的流动有待加强。

4.4 学者发文量和流动特征相关分析

为进一步详尽描述出人工智能领域科技人才的流

动特征，本研究选取了发文量靠前和靠后的各 10 名学者做具体分析，对比他们的流动特征。所选取的 20 位科技人才毕业后任职高校的变化详见表 8、表 9。

通过表 8 我们可以看出发文量前 10 的学者绝大多数在吉林大学或者中国科学院任职过，任职高校变化途径的省份大多是吉林和北京，基本上都曾在部属 985 本科类高校任职，在其他类型高校任职的情况很少，这与现在中国人工智能领域科技人才的总体流动特征基本一致。

而表 9 则说明发文量靠后的学者工作流动途径的省份没有那么集中，重庆、辽宁、北京、陕西均有涉及，这其中除人才汇聚地北京外其他几个省份在人工智能领域中均具备较小的地位。与发文量靠前的学者流动特征对比，发文量靠后的学者任职的高校大都不是该领域热门院校，而且其中部属 211 本科类学校所占的比例明显较大，同时他们很少有在部属 985 本科类高校任职，这也从另外一方面印证了各个高校人工智能领域科技人才的总体流动规律。

5 结论分析与建议

从以上分析可以看出中国高校人工智能领域的科技人才学缘结构有待改善，人才流动空间较大。从本研究收集的科技人才信息来看，发现人工智能领域科

表8 发文量前 10 学者流动特征表

Table 8 Mobility characteristics of Top 10 scholars

| 学者编码 | 发文/篇 | 任职高校 1 | 任职高校 2 | 任职高校 3 | 跨地区流动 | 跨高校类型 |
|------|------|------------------|-----------|--------|----------|------------------------------|
| B1 | 33 | 吉林大学 | 吉林大学 | 吉林大学 | 吉林 | 部属 985 本科 |
| B2 | 30 | 武汉理工大学 | 中国科学院 | 北京科技大学 | 湖北-北京 | 部属 211 本科-部属院校- 部属 211 本科 |
| B3 | 29 | 吉林大学 | 吉林大学 | 吉林大学 | 吉林 | 部属 985 本科 |
| B4 | 18 | 亚利桑那大学 | 中国科学院 | 中国科学院 | 国外-北京 | 其他-部属 985 本科 |
| B5 | 18 | 美国 Notre Dame 大学 | 德国慕尼黑技术大学 | 复旦大学 | 国外-上海 | 其他-部属 985 本科 |
| B6 | 16 | 中国科学院 | 中国科学院 | 中国科学院 | 北京 | 部属 985 本科 |
| B7 | 15 | 吉林大学 | 吉林大学 | 吉林大学 | 吉林 | 部属 985 本科 |
| B8 | 14 | 地矿部石油工程研究所 | 中南大学 | 北京科技大学 | 北京-湖南-北京 | 其他-部属 985 本科- 部属 211 本科 |
| B9 | 13 | 原东光自动化设备研究所 | 吉林大学 | 吉林大学 | 吉林 | 其他-部属 985 本科 |

表9 发文量后10学者流动特征表

Table 9 Mobility characteristics of the last 10 scholars

| 学者编码 | 发文/篇 | 任职高校1 | 任职高校2 | 任职高校3 | 跨地区流动 | 跨高校类型 |
|------|------|----------|----------|----------|----------|---------------------------|
| C1 | 5 | 北京邮电大学 | 北京科技大学 | 北京科技大学 | 北京 | 部属211本科 |
| C2 | 5 | 西安交通大学 | 日本庆应大学 | 西安交通大学 | 陕西-国外-陕西 | 部属985本科-其他- 部属985本科 |
| C3 | 5 | 北京邮电大学 | 北京科技大学 | 北京科技大学 | 北京 | 部属211本科 |
| C4 | 5 | 浙江大学 | 浙江大学 | 浙江大学 | 浙江 | 部属985本科 |
| C5 | 5 | 西安电子科技大学 | 西安电子科技大学 | 西安电子科技大学 | 陕西 | 部属211本科 |
| C6 | 5 | 西北工业大学 | 西北工业大学 | 陕西科技大学 | 陕西 | 部属985本科-省属本科 |
| C7 | 5 | 中国科学院 | 中国科学院 | 中国科学院 | 北京 | 部属院校 |
| C8 | 5 | 湖南大学 | 湖南大学 | 湖南大学 | 湖南 | 部属211本科 |
| C9 | 5 | Drexel大学 | 东南大学 | 东南大学 | 国外-江苏 | 其他-部属211本科 |
| C10 | 4 | 东北大学 | 东北大学 | 东北大学 | 辽宁 | 部属985本科 |
| C11 | 4 | 西南大学 | 重庆大学 | 西南大学 | 重庆 | 部属211本科-部属985- 部属211本科 |

技人才就读比较多的几所高校为吉林大学、中国科学院、哈尔滨工业大学、北京科技大学、清华大学,这与上文人才流动网络分析部分得出的人工智能领域科技人才流动性高、人才输入输出强度大的几所高校大致相同。但是这几所高校各自科技人才之间的学缘都比较亲近,亟待促进学缘的优化,高校间各个维度的人才流动机制都需要一定程度的完善。

5.1 案例分析

(1) 科技人才输入输出强度大的高校。人才流动分析显示在人工智能领域吉林大学是科技人才输入最多的高校,中国科学院、北京科技大学、大连理工大学、哈尔滨工业大学人才输入量次之。另外结合发文量前10的学者情况,发现他们绝大多数曾在吉林大学或者中国科学院任职过这些学校大多是在本学科排名中处于前15%的高校,学生吸引力大,本研究认为这几所高校人才输入、输出强度大很大程度上是由其在本领域的重要主导地位造成的。这些名校在本科和研究生招生时就吸引了远超过其他高校的人才数量,在比较大的人才体量上自然也就拥有较多的人才输出。

(2) 学缘近亲程度严重的高校。人才流动的合理性并不仅是由人才输入输出量来决定的,输入输出多

并不代表高校的人才流动机制一定是合理的,反而正是上述流动强度大的热门尖端高校,其科技人才之间的学缘比较亲近,近亲程度严重。这很有可能是因为本身科研人员体量大、本校留任情况等普遍存在;另外现阶段高校间科技人才各个维度的流动性不够充分也可能是原因之一,反映出高校改变用人观念、促进人才流动,从而合理化科研队伍结构的紧迫性。

(3) 人工智能领域排名靠前的高校。北京大学(学科第2)、哈尔滨工业大学(学科第3)是2021年软科排名计算机科学与技术学科排名前三的高校,这两所高校在拥有较强程度科技人才输入、输出的同时,科研队伍学缘结构的近亲程度也不算严重,体现出加强人才流动与合理化学缘结构这两者之间存在一定的相互促进作用,同时二者也能在一定程度上促进学科快速发展。

5.2 建议

本研究据以上分析对中国高校人工智能领域科技人才科研队伍建设提出以下两点建议。

(1) 高校选人用人观念需要转变。要想保证招聘人才的学缘质量,高校在招聘科技人才时不要过分专注于本地优质学缘,需扩大选择范围,明确招聘要求、

仔细把控学缘条件,减少“近亲繁殖”的内部招聘行为,丰富学缘来源。另外可以推行科技人才毕业后先到其他学术机构从事研究后再返校任职等不直接留任本校的政策。

(2)从现阶段人才流动特征来看,高校间科技人才流动可以更加积极完善。高校不能一味地追求科研队伍的稳定,要坚持多元化理念,提倡鼓励从外校、工矿企业、党政机关等多方渠道引进科技人才进行科研合作,使专业知识来源更加多样化;同时扩大高校间的学术交流项目的范围、增加博士国外访学会以扩大其学术视野。另外政府方面要通过政策导向、经费扶持、制定法律法规等引导人才合理流动,具体上要加大对除部署类高校的其他类型高校的扶持、进一步重视西部等偏远地区的人才输入与输出,鼓励不同类型高校间、不同地区间尽可能进行相同程度的学术交流和人才流动。科研队伍结构会随着人才的合理流动向多元化转变,科技人才也得以接触到不同的学术环境,学缘来源得以扩宽,这样有利于打破学术思维固化的格局,促进学术创新与产出。

6 讨论与启示

研究发现中国高校人工智能领域科技人才学缘结构有待完善,人才流动空间较大。以此为基础本研究提出一些措施优化学缘结构如转变高校选人用人观念、扩大高校人才招聘范围、增加高校间学习交流项目等,同时通过政府的政策导向、经费支持等正确引导人才流动,合理化高校科研队伍结构、活跃学术氛围,以促进人工智能领域高校科研队伍学术创新和产出。

由于受条件所限,本研究有一些不足之处有待改进。首先,由于国内人才信息数据库的不完善,科技人才的信息大多是通过网络搜索获得,这种数据采集方式不易,因此本研究的样本数据量较小,导致得到的结论具有一定局限性。其次,本研究只研究了人工智能领域,且对科技人才的筛选条件未考虑到科技人才所在高校分布是否足够广泛,导致本研究结果可能不够具有代表性。未来的研究中可以在建立国家科技

人才信息平台的基础上,尽可能完备地收集科技人才信息。另外,今后对于人才流动网络的研究还可以从分析不同时间段科技人才呈现的网络演变规律入手。鉴于以上几点,希望本研究能为后续研究提供一些借鉴与参考。

参考文献:

- [1] 王珍珍. 高校教师队伍学缘结构的现状及优化——以“近亲繁殖”现象为视角[J]. 苏州教育学院学报, 2012, 29(1): 92-95.
WANG Z Z. The current situation and optimization of academic-origin structure of university teaching staff: From the perspective of inbreeding[J]. Journal of Suzhou college of education, 2012, 29(1): 92-95.
- [2] 马莉. 从“学缘结构”看高校人才流动[J]. 中南民族学院学报(人文社会科学版), 2001(2): 124-125.
MA L. On the flow of talents in colleges and universities from the perspective of "learning edge structure"[J]. Journal of south-central university for nationalities(humanities and social sciences), 2001(2): 124-125.
- [3] MCNEELY J H. Faculty inbreeding in land-grant colleges and universities[M]. US government printing office, 1932.
- [4] EELLS W C, CLEVELAND A C. Faculty inbreeding[J]. The journal of higher education, 1935, 6(5): 261-269.
- [5] 张智红. 地方高校教师学缘结构调查研究[D]. 武汉: 武汉工程大学, 2017.
ZHANG Z H. The investigation and analysis of faculty academic origin structure in local university[D]. Wuhan: Wuhan institute of technology, 2017.
- [6] 董泽芳, 黄燕, 黄建雄. 我国高校教师队伍学缘结构问题及优化对策——基于三个视角的调查与分析[J]. 教育科学, 2012, 28(5): 48-52.
DONG Z F, HUANG Y, HUANG J X. On problems and optimizing countermeasures of the teaching body academic origin structure in Chinese HEIs - Based on the three perspectives of survey and analysis[J]. Education science, 2012, 28(5): 48-52.
- [7] 李扬裕, 何东进. 高校师资队伍学缘结构评价和预测方法研究[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2010, 13(5): 102-105.

- LI Y Y, HE D J. Method for assessing and predicting consanguinity structure of scholarships for teacher staff in colleges and universities[J]. Journal of Fujian agriculture and forestry university (philosophy and social sciences), 2010, 13(5): 102-105.
- [8] 张立平. 师资队伍学缘结构的定量评价方法[J]. 辽宁教育研究, 2007(3): 89-91.
- ZHANG L P. A quantitative evaluation method of the academic structure of the faculty[J]. Modern education management, 2007(3): 89-91.
- [9] 胡学实. 我国高校教师队伍学缘结构研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2014.
- HU X S. A study of teaching staff's academic relationship structure in Chinese colleges and universities[D]. Wuhan: Central China normal university, 2014.
- [10] 吴菡, 朱佳妮. 学术 DNA: 我国高校海归教师的学缘研究——以清华大学、北京大学、复旦大学和上海交通大学为例[J]. 江苏高教, 2018(4): 49-53.
- WU H, ZHU J N. Academic DNA: Research on the academic origin of overseas returned teachers in China[J]. Jiangsu higher education, 2018(4): 49-53.
- [11] 孟缘, 吴培群. 我国高校信息安全教师专业学缘特点研究[J]. 网络与信息安全学报, 2017, 3(7): 64-69.
- MENG Y, WU P Q. Research on professional learning margin of university information security teachers in China[J]. Chinese journal of network and information security, 2017, 3(7): 64-69.
- [12] 李树强. 基于学术资本的高校学缘结构研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- LI S Q. Research on the consanguinity structure of scholarships based on academic capital[D]. Beijing: Beijing Jiaotong university, 2017
- [13] 邓海霞, 姜海. 浅谈改善高校教师队伍学缘结构——以“近亲繁殖”现象为视角[J]. 法制与社会, 2008(17): 224.
- DENG H Q, JIANG H. On improving the academic relationship structure of university teachers - From the perspective of "inbreeding"[J]. Legal system and society, 2008(17): 224.
- [14] 吴鹏. 学缘结构对我国高校教师学术职业发展的影响分析[J]. 重庆第二师范学院学报, 2016, 29(4): 149-152.
- WU P. An analysis of the influence of the structure of academic relationship on the academic career development of university teachers in China[J]. Journal of Chongqing university of education, 2016, 29(4): 149-152.
- [15] 彭娟, 张光磊. 学缘结构对高校科研团队成员工作绩效的影响[J]. 中国高校科技, 2016(11): 22-25.
- PENG J, ZHANG G L. The influence of academic relationship structure on the work performance of university scientific research team members [J]. Chinese university science & technology, 2016 (11): 22-25.
- [16] 王嘉颖, 岳思言, 李璐. 高校教师队伍学缘结构测量指标探索[J]. 教师教育论坛, 2015, 28(7): 48-54.
- WANG J Y, YUE S Y, LI L. The measurement index of faculty in colleges and universities for the academic origin structure [J]. Teacher education forum, 2015, 28(7): 48-54.
- [17] 黄建雄, 卢晓梅. 高校教师队伍学缘结构的三重特征及其优化[J]. 江苏高教, 2011(5): 41-43.
- HUANG J X, LU X M. The triple characteristics and optimization of the academic structure of university teachers[J]. Jiangsu higher education, 2011(5): 41-43.
- [18] 卢昌宁. 当前高校教师队伍学缘结构问题的思考和建议[J]. 科教导刊(上旬刊), 2011(11): 82, 136.
- LU C N. Reflections and suggestions on the structure of academic affinity of college teachers[J]. The guide of science & education, 2011(11): 82, 136.
- [19] 杜文静. 试论国外大学教师聘任制度及其对中国的启示[J]. 郑州师范教育, 2012, 1(5): 5-8.
- DU W J. On the appointment system of foreign university teachers and its enlightenment to China[J]. Journal of Zhengzhou normal education, 2012, 1(5): 5-8.
- [20] 侯纯光, 杜德斌, 刘承良, 等. 全球人才流动网络复杂性的时空演化——基于全球高校留学生流动数据[J]. 地理研究, 2019, 38(8): 1862-1876.
- HOU C G, DU D B, LIU C L, et al. Spatiotemporal evolution of global talent mobility network based on the data of international student mobility[J]. Geographical research, 2019, 38(8): 1862-1876.
- [21] 穆玉清. 我国民办高校人才流动现象研究——基于双因素理论的视角[J]. 中国经贸导刊(中), 2020(3): 153-154.

- MU Y Q. Research on the phenomenon of talent flow in private colleges and universities in China – Based on the perspective of two factor theory[J]. *China economic & trade herald*, 2020(3): 153–154.
- [22] 田瑞强, 姚长青, 袁军鹏, 等. 基于科研履历的科技人才流动研究进展[J]. *图书与情报*, 2013(5): 119–125.
- TIAN R Q, YAO C Q, YUAN J P, et al Curriculum vitae method in researchers' mobility research[J]. *Library & information*, 2013 (5): 119–125.
- [23] 徐娟, 王泽东. 我国大学高层次人才流动规律研究——来自 6 类项目个人简历的实证分析[J]. *高校教育管理*, 2020, 14(2): 105–115.
- XU J, WANG Z D. The regularity of university high level talent mobility in China: Based on the empirical analysis of resumes of six project talents[J]. *Journal of higher education management*, 2020, 14(2): 105–115.
- [24] 田瑞强, 姚长青, 潘云涛, 等. 基于履历数据的海外华人高层次科技人才流动研究: 社会网络分析视角[J]. *图书情报工作*, 2014, 58(19): 92–99.
- TIAN R Q, YAO C Q, PAN Y T, et al. Using the curriculum vitae for career mobility research of Chinese overseas highly-talent: From the perspective of social network analysis[J]. *Library and information service*, 2014, 58(19): 92–99.
- [25] 张涵. 《中国人工智能发展报告 2018》正式发布[J]. *中国国情国力*, 2018(8): 80.
- ZHANG H. “China AI development report 2018 officially released” officially released[J]. *China national conditions and strength*, 2018 (8): 80.