doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.02.005

基于论文合著的校企合作研究
——以机器学习领域为例

牛奉高[1,2] 李志欣[1]

1. 山西大学数学科学学院 太原 030006；
2. 山西大学管理与决策研究所 太原 030006

开放科学（资源服务）标识码（OSID）

摘要：校企合作是培养复合型人才、实现知识转化为技术成果的有效途径，通过文献中高校与企业间的合著论文关系，建立校企合作网络，通过网络分析发现校企合作机制的不足。从中国知网 CNKI 中选取 2008—2017 年发表的主题为“机器学习”的期刊文献作为研究样本，借助社会网络分析软件 Ucinet 和聚类分析软件 gCLUTO 对高校与企业在机器学习领域的科研合作现状进行分析。研究结果发现，校企合作中呈现出一种“马太效应”，即企业能从明星学校中获得更强的技术支持，更愿意与知名高校进行创新合作。对于这一结论，从明星高校与企业两大方面进行了原因的讨论分析，在此基础上，提出一些校企合作网络的优化建议，以缓解校企合作中的“马太效应”。

关键词：校企合作；社会网络分析；双向聚类；“马太效应”

中图分类号：G350

Study on University-Industry Cooperation Based on SNA and Biclustering

NIU Fenggao[1,2] LI Zhixin[1]

1. School of Mathematical Sciences, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;
2. Institute of Management and Decision, Shanxi University, Taiyuan 030006, China

Abstract: University-Industry cooperation is an effective way to cultivate compound talents and realize knowledge transformation into technological achievements. Through the co-authored paper relationship between universities and enterprises in the literature, a school-enterprise cooperation network was established, and the lack of University-Industry cooperation mechanism

基金项目：国家自然科学基金项目“共现潜在语义向量空间模型及其语义核的构建与应用研究”（71503151）；山西省高等学校创新人才支持计划“基于潜在语义的文本信息主题深度聚类研究”（2016052006）。

作者简介：牛奉高（1980-），博士，副教授，研究方向：文本挖掘与复杂网络、信息计量与科学评价，E-mail：nfgao@sxu.edu.cn；李志欣（1992-），硕士研究生，研究方向：社会网络分析。

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.02.005

was also found through network analysis. In this paper, we selected the theme of "machine learning" journal literature published during 2008-2017 from the CKNI as the research data. Ucinet, a social network analysis software, and gCLUTO, a cluster analysis software were used to analyze the status of University-Industry cooperation the field of machine learning. The study found that there is a "Matthew Effect" in the cooperation between universities and enterprises. That is, enterprises can obtain stronger technical support from star schools and are more willing to carry out innovative cooperation with famous universities. For this conclusion, the author analyzed the causes of star colleges and universities from two aspects. On this basis, some optimization suggestions for cooperation network between universities and enterprises are proposed to ease the "Matthew Effect" in the cooperation between universities and enterprises.

Keywords: University-Industry collaboration; social network analysis; biclustering; matthew effect

引言

高校是知识创造和扩散的主体，而企业是技术创新和产品研发的重要环节，它们在国家创新体系中都具有不可替代的地位，企业要想在激烈的市场竞争中保持较强的竞争能力，就必须依托人才力量，提高企业自主创新水平[1]。高校与企业的密切合作，不仅能将理论知识转化为科技成果，还能帮助学生减轻就业压力，提高学生的创新、创业积极性[2]。校企合作代表的是知识系统与产业系统间的合作，是将知识创新转化为科技成果的主要途径，加强校企合作不仅能够将知识转化为技术成果，实现双方的资源共享，更能提高企业实力和高校知名度。

目前，校企合作的主要机制有：一、定向培养模式。企业与学校签署合作协议，选拔优秀学生共同培养。二、企业入驻学校。为学生提供实践机会，实现高校与企业间的资源共享。三、成立校企合作管理机构。结合高校的专业特色，企业与学校合作，共同实施人才培养过程，提高学生就业率[3]。存在以下问题：一、校企合作形式化，合作脱节。学校不重视与企业的合作，使得学生只知道理论知识，却不能与实践经验相结合，而企业参与合作的积极性低，会考虑多方面的因素，如：生产秩序、安全等方面。二、校企合作缺乏深度。校企合作主要局限于邀请专家开展技术报告，学生在实习期间缺乏真正的动手实践机会，对专业知识的应用掌握程度不够。三、政府主导地位不明显，政策上缺乏相应的指导性。四、企业与高校产学研技术成交额占比较小，产学研科技成果转化率较低[4]。

许多学者针对现阶段校企合作存在的问题已经做了大量的科学研究，提出了优化校企合作机制的建议。王艳丽[5]等从校企合作的形式、路径及动力因素等方面出发，探索影响校企合作的关键因素，并提出了改善校企合作效果的优化措施。马红春[6]等针对校企合作对人才培养面临的问题，提出了培养人才的"2+1"模式。赵妩[7]从分析"知识、能力、素质"三元结构的高校人才培养目标入手，总结出 5 类 17 种校企协同创新具体举措，通过分析合作过程中遇到的问题，提供了推进校企协同机制建立的 4 个有效经验。占侃、孙俊华[8]对江苏省 56 所高校进行了研究，发现大部分普通本科院校与企业的合作合作强度弱、频次低，能力不足，

所以在整体上还存在很大的提升空间。段文风[9]等分析了地方高校与企业合作，提出了深化校企合作方面的两条途径。

通过网络结构可视化的分析校企合作关系，能进一步发现网络结构对主体行为的影响、对技术和知识转移效率的影响以及合作网络在国家创新体系中发挥的作用等[10-11]。Hee Dae Kim[12]等构建软件产业集群与企业间的合作网络，根据网络节点度、网络密度和中心性指标刻画软件产业集群与企业间合作网络的结构及演化特征。洪伟[13]分析了1985-2004年期间高校与企业共同申请的专利，通过4个时期的知识流动网络，发现了合作强度大的高校或企业大都处于较为发达的省份，且合作的积极性随着校企合作强度的增大而提高，进一步加大了区域间的经济和科技差距。温芳芳[14]通过对校企专利合作模式与规律的研究，发现我国校企合作起步较晚、程度较低、基础薄弱以及同一地区的高校与企业之间更容易建立合作关系的地域倾向性。马艳艳[15]等采用社会网络分析方法研究了专利申请合作网络的规模、密度、中心度和中心势等，发现企业的中心度和中心势尚未真正形成，产学研合作还有很大的发展空间。刘凤朝[16]等分析了校企合作网络的空间分布及其演化路径，发现了高校与企业间的合作受当地经济发展条件的影响，存在地域性差异。

本文基于论文合著对高校与企业间的共现关系进行分析，构建校企合作网络，来探索校企间在机器学习领域的合作关系。运用社会网络分析和双聚类分析两种方法深入分析校企合作网络，进一步挖掘校企合作网络的复杂特征，并针对研究得出的结论进行原因分析，并提出校企合作网络优化建议，希望能够为机器学习领域的不断创新与发展提供定量和定性的参考信息与决策依据。

1 数据与研究方法

1.1 数据来源和处理

本文从中国知网CNKI中检索2008—2017年主题为“机器学习”的文献，若在机构隶属一栏中同时出现高校和企业，即认为这两者之间存在合作关系。检索时间：2018年7月21日，论文发表数量及变化趋势如图1所示。

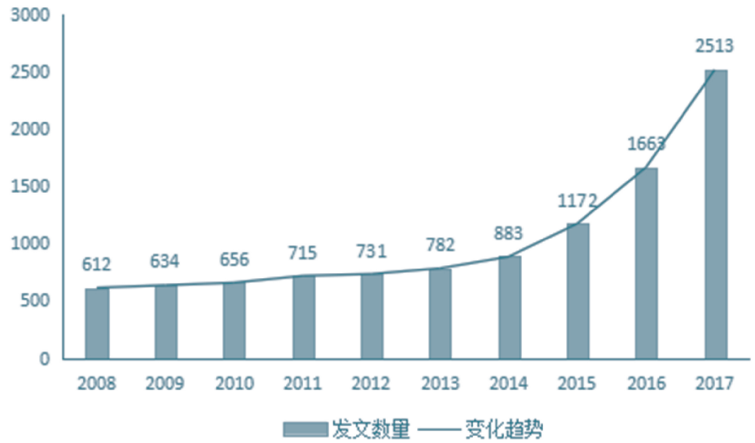


图1 2008—2017年发表的论文数量及变化趋势

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.02.005

从图 1 可以看出 2008—2014 年发表的论文数量有所增长，但增长速度缓慢，从 2015 年开始，机器学习方面的论文数量明显增加，2017 年发表的论文篇数几乎是 2014 年的 3 倍。可见，从 2015 年开始，机器学习领域的研究取得了新的进展和突破。经过数据的整理，最终得到的校企合作初始矩阵中有 139 所高校和 184 家企业之间在机器学习领域存在合作关系。

1.2 分析方法

1.2.1 社会网络分析

社会网络分析（social network analysis，SNA）就是通过数学、图论等分析方法，从定量或定性的角度把个体间关系、“微观”网络与大规模的社会系统的“宏观”结构结合起来有效剖析合作网络的特征和指标的一种方法 [17]。

1.2.2 双聚类分析

聚类分析作为数据挖掘的重要方法之一，可以快速地从海量数据中发现有价值的信息以指导科学研究和决策 [18]。传统聚类方法如 K-means 和层次聚类等都是基于距离或密度来计算数据间的相似度，广泛应用于数学、统计学、信息学、人工智能等领域。但传统的聚类方法有其局限性：第一，当数据维数较低时，才能得到较好的聚类结果；第二，仅在数据矩阵的一个方向（行或列）上聚类，只能找到整个数据集的全局信息，不能发现数据中隐藏的局部信息。

而双聚类（Biclustering 或 two-way clustering）是从数据矩阵的行和列两个方向上同时聚类，考虑对象在不同属性下的取值，也称为块聚类。1972 年，JA Hartigan[19] 首次提出对数据矩阵的行和列同时聚类的思想，2000 年 Y Cheng 和 GM Church[20] 将双聚类方法引入到基因表达谱的分析中，正式提出了双向聚类的模型和算法。崔雷 [21] 和方丽 [22] 运用双聚类的方法对我国医学领域和情报领域进行定量分析，有效改善了传统聚类算法在单一维度上的聚类，实现了高校—企业两个方向同时聚类，更能突出校企合作间的关系 [23]。

2 校企合作特征分析

本文对机器学习领域中文献间的校企合作关系进行分析，得出以下结论：①通过社会网络分析可以从整体视角发现：在机器学习领域，基于论文合著的校企关系弱，合作频次少，没有建立起畅通的知识交流和资源共享渠道。②文中通过双聚类分析可以发现校企合作间的具体特征，包括以下三方面：一、校企合作的地域性倾向显著；二、无论高校还是企业，都趋于和实力强、规模大的单位建立合作关系；三、专业特色和专业优势也是影响校企合作关系的一个重要因素。

2.1 从网络整体视角分析

将校企合作矩阵导入社会网络分析工具 Ucinet 中，构建合作关系网络图，如图 2 所示，其中红色圆形节点代表高校，蓝色方形节点代表企业。由于样本数据中包含的企业和高校数量较多，因此图 2 中只展示出与企业合作次数大于 3 的高校与企业，共包含 97 个节点，其中有 18 所高校，79 家企业。

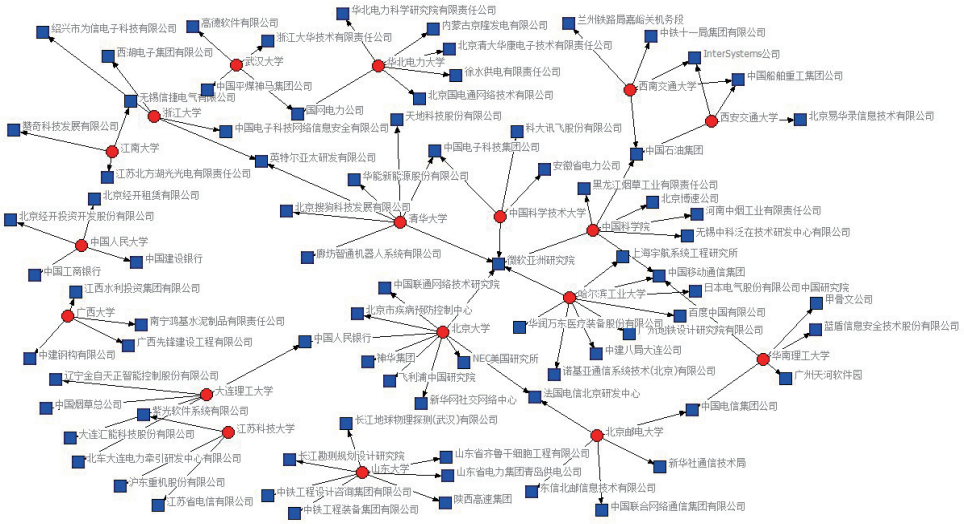


图 **2** 机器学习领域校企合作关系网络图

对图 2 中的网络节点进行度数中心度 (Degree) 的测量，得到图 3。其中节点大小表示该企业或高校在机器学习领域拥有的校企合作期刊数量，节点之间的连线代表两者之间存在合作关系，连线的粗细表示两个单位之间合作频次的高低。

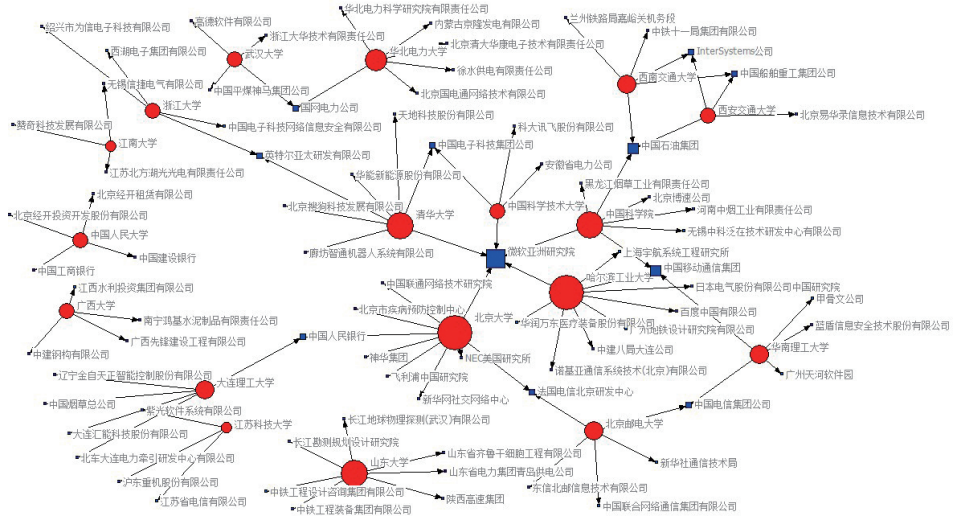


图 **3** 节点中心度网络图

截至 2018 年 5 月 31 日，根据教育部公布的名单，目前我国高等学校共计 2914 所，其中普通高等学校 2631 所（含独立学院 265 所），成人高等学校 283 所 [24]。另外根据国家统计局发布的“第二次全国基本单位普查公报”可知，我国共有企业法人 302.6 万个 [25]。而本文检索到的期刊文献中共有 139 所高校和 184 家企业。由上述数据可以计算出，通过期刊文献合作的高校和企业在全国高校和企业总量中所占的比重分别为 0.047701 和 0.000061。由此可见，高校与企业在机器学习领域的合作关系弱，合作频次低，缺乏知识交流和资源共享的平台。

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.02.005

从图 3 可以看出整个合作网络是由星型拓扑结构交织构成，处于星型网络中间位置的节点度数大，合作关系密切，可以视为明星节点，在网络中处于核心位置，而处于边缘位置的企业合作机会少，合作关系单一。网络中大部分节点都处于边缘位置，说明目前校企合作还有很大的发展空间，还需要建立稳定、多元的合作关系，进一步实现知识共享，加快科技成果的转化。

2.2 基于双聚类的校企合作分析

在 gCLUTO 软件中导入校企合作矩阵，利用重复二分法（Repeated Bisection）进行双向聚类分析，将数据聚为四类，得到了相应的聚类结果（如表 1 所示）和可视化山丘图（如图 4 所示）。

表 1 聚类结果的相关数据

Cluster0 Size:9 ISim:0.283 ESim:0.001				
Descriptive	南京市园林科学研究所	宝山钢铁股份有限公司	百度中国有限公司	北京派得伟业科技发展有限公司
	29.0%	29.0%	29.0%	8.7%
Descriminating	宝山钢铁股份有限公司	南京市园林科学研究所	百度中国有限公司	中国电子科技集团公司
	14.8%	14.8%	14.0%	5.5%
Cluster1 Size:17 ISim:0.233 ESim:0.002				
Descriptive	中国电子科技集团公司	微软亚洲研究院	中国船舶重工集团	科大讯飞股份有限公司
	47.8%	27.1%	10.9%	4.0%
Descriminating	中国电子科技集团公司	微软亚洲研究院	中国船舶重工集团	中国建设银行
	24.8%	12.0%	5.6%	5.5%
Cluster2 Size:20 ISim:0.145 ESim:0.002				
Descriptive	中国石油集团	中国移动通信集团	中国烟草总公司	中国人民银行
	26.8%	22.6%	10.3%	10.3%
Descriminating	中国石油集团	中国移动通信集团	中国电子科技集团公司	中国烟草总公司
	13.9%	11.7%	6.5%	5.3%
Cluster3 Size:93 ISim:0.019 ESim:0.000				
Descriptive	中国建设银行	国网电力公司	陕西榆林供电公司	湖南省电力公司
	15.8%	10.4%	5.5%	3.2%
Descriminating	中国电子科技集团公司	中国建设银行	微软亚洲研究院	国网电力公司
	10.1%	7.9%	7.6%	5.2%

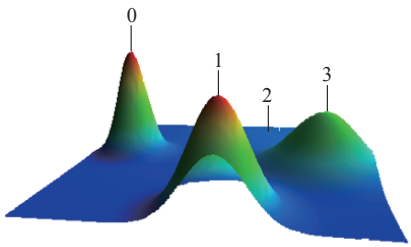


图 4 校企合作数据的可视化山丘图

聚类结果中的 Descriptive 指的是描述度，百分比指的是企业对于这些高校被聚集在一起的贡献程度，其中的企业能够代表这一类簇的特征；Descriminating 指的是区分度，百分比指的是企业对于这个类别的忠贞程度，也即区分于其他类的企业。Size 表示类群的构成数量，ISim 代表类内对象间的平均相似度，ISdev 代表类内对象间平均相似度的标准差，ESim 代表类间平均相似度，ESdev 代表类间相似度的标准差。ISim 越大，ESim 越小说明聚类结果将相似的对象聚到了一起，且不同类间的相似度较小，因此得到的聚类效果较好。

每个山丘的形状为高斯曲线，这种形状表示的是每个类内数据分布的粗略估计，山丘的高度与类内相似性成正比，体积与类群包含的对象数量成正比，山丘的颜色与类内标准差成比例。红色代表低标准差，蓝色代表高标准差，而且只有峰顶的颜色是有意义的。

2.2.1 地域性合作显著

从可视化山丘图的第一类（Cluster 0）可以看出山丘 0 最高，体积小，峰顶颜色最深，说明这一类中所包含的高校数量最少，且高校间的相似度最大，联系较为紧密。这一类簇的特点是这些高校与它们所合作的企业处于同一地理区域。因此，可以看出，校企合作存在着显著的地域倾向，处于同一地域的高校与企业的合作可能性更大，能够为高校和企业的知识共享与信息交流提供一个更为便捷的合作平台。说明地理距离对于校企合作关系及强度产生着重要的影响。这种现象可以用最小距离原则来解释，在最小距离内寻找合作伙伴，无论知识交流还是资源共享都是最便利的，符合最小投入和最大收益的经济学规律，该研究发现也从另一个角度证明，校企合作对于区域经济的推动作用更为直接和显著，校企合作优先服务于本地区，可以为区域经济的发展提供强有力的科技支撑 [26]。

2.2.1 明星高校与企业合作强度大

从可视化山丘图的第二类（Cluster 1）可以看出山丘 1 的体积比山丘 0 大，说明第二类中包含的高校数量比第一类多，峰顶颜色为红色，山峰较高，说明类内相似度较高、标准差低。第二类中共包含 17 所高校，这一类的代表性高校有：清华大学、北京大学、南开大学、中山大学、南京航天航空大学、北京工业大学、南京理工大学；代表性企业有：中国电子科技集团、微软亚洲研究院、科大讯飞股份有限公司、北京搜狗科技发展有限公司。这一类簇的特点是高校与企业的合作频次高，交流频繁。可以看出，不仅位于同一地区的高校与企业之间更容易建立合作关系，更重要的是，大多数企业更倾向于与有科研实力的高校或在这一领域有学科优势的高校进行合作，同样，高校在寻求合作伙伴时，更愿意与行业中的佼佼者进行合作。如此循环往复，在校企合作中就回呈现出一种“马太效应”。

3.2.3 专业优势影响校企合作关系

可视化山丘图的第三类（Cluster 2）中：山丘 2 的顶部为绿色，高度较低，说明类内相似度较低，标准差较大。这一类簇的特点是，高校与其合作的企业在专业上有高度的相关性，如：西南交通大学和西安交通大学都与中国船舶重工集团公司、中国石油集团有合作关系；哈尔滨工业大学与上海宇航系统工程研究所、微软亚洲研究院有合作关系；北京邮电大学与中国电信集团公司、法国电信北京研发中心、东信北邮信息技术有限公司、新华社通讯技术局都与合作关系。可以看出像北京邮电大学这样一所以信息科技为特色的高校，与它有合作关系的企业也是信息科技行业的佼佼者，这说明在选择合作伙伴时，不仅会考虑科研实力和影响力，专业优势和专业相关性也是影响高校和企业合作的重要因素。

3 结论与原因分析

本文通过社会网络分析和双聚类分析，从

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.02.005

整体网络视角、地域倾向性、合作强度和专业优势四个方面对机器学习领域的校企合作网络进行分析研究，发现知名高校、具有明显学科优势的高校以及某一区域的明星高校在校企合作中更受欢迎，更容易与企业建立长期的合作关系，可见在校企合作中呈现出一种“马太效应”，即强者愈强，弱者愈弱。对明星高校而言，通过与企业的合作研究，能够不断增强学校的综合实力，提升学校的知名度。而相反的，普通高校难以获得与企业合作机会，科研创新能力弱，学校上升空间狭窄。出现这种现象的原因主要有以下两点：

(1) 明星学校本身优势突出：第一，国家对这类明星高校的高度支持。国家建设知名高校的总体思路是集中资源，突出重点，体现特色，发挥优势，而且国家每年拿出中央财政收入的 1%，支持这些高校建设“世界一流大学”。高校可以用这笔经费引进一流师资，建立科研实验室，提供更好的的硬件设施和交流平台，进一步加强学科建设，从而提升学校竞争力。第二，信息资源丰富。明星高校在申请国家项目上更有优势，而且国家项目的主要任务是以国家和行业发展急需的重点领域和重大需求为导向，围绕国家科技发展战略和学科前沿，在行业特色型的大学中建设一批优势学科的创新平台，从而大大提高了建设学科的科技创新能力和解决经济社会发展的一些重大问题的能力。第三，这些高校有强大的研究团队，浓厚的学术氛围，科研水平高，科研人才素质高且相对集中。所以明星高校相较于一般高校来说，有更丰富的科研资源、更一流的硬件设施以及更广阔的交流平台。

(2) 当前，市场竞争日益激烈，企业要想在市场中立足壮大，就必须保持产品的不断升级换代，而这都离不开技术创新和科研支持。校企合作可以在很大程度提升企业的市场竞争力，从而使企业占据市场进而获利。在合作中，企业与明星高校合作的优势有：第一，与明星学校的合作更高效。知名高校高水平的科研能力与丰富的科研经验正好契合了企业对产品研发的需求，能够更精准地满足企业预期和消费者的需求。第二，研发出的产品更先进。企业运用高校前沿的科研水平可以研发出更前沿的产品，从而抢占市场的制高点，获得更多的市场效益。第三，产品更具有品牌效应。明星学校在整个社会有口皆碑，借助与明星学校合作这一平台，企业产品更容易获得消费者的青睐和认可，产品也就能够更快速地占领市场，从而形成品牌效应。

4 结语

校企合作中的这种“马太效应”，会使明星高校与普通高校在校企合作中的地位更加悬殊，要想在校企的科研合作体系中占有一席之地，政府与普通高校必须共同努力，最大限度的发挥自身优势，进一步优化校企合作关系。

第一，国家与当地政府应加大对普通高校的扶持与资金投入，提升高校的软硬件实力，为高校的科研创新提供发展空间。对于高校遇到的问题，政府应主动及时地组织调研、沟通、解决，扶助高校办好各种事情。地方高校实力的增强，也会促进区域经济的发展，形成一种良性循环。

第二，普通高校要积极转变观念，准确定位，不仅积极增强自身科技创新实力，而且放宽视野，突出学科的特色与优势，引进高层次领军人才，

积极融入创新体系建设之中，拓展自身的发展空间。普通高校还必须加强与地方政府、企事业单位、社团等组织联系、沟通与合作，在为地方经济建设和社会发展服务中寻求发展和壮大。

第三，加大普通高校与明星高校互动交流的力度。一方面，普通高校自身要积极主动地与明星高校寻求合作，通过技术交流、知识共享提高自身的科研水平和创新能力。另一方面，政府也要主动引导，为二者的合作交流创造机会和平台。

参考文献

[1] 曹叔亮. 合作创新模式、机制与评价的研究进展[J]. 首都经济贸易大学学报, 2016, 18(6):110-117.
[2] 吴小林. 基于校企深度合作下高职院校创业教育模式分析及机制创新[J]. 经济研究导刊, 2017(19): 110-112.
[3] 刘峥. 地方应用型本科院校校企合作人才培养模式探索——以物流管理专业为例[J]. 高教探索, 2017(3): 41-44.
[4] 冯海燕. 高校与企业产学研合作机制创新研究[J]. 中国高教研究, 2014(8): 74-78.
[5] 王艳丽, 薛耀文. 基于企业视角的促进校企合作效果的实证分析[J]. 科学学研究, 2010, 28(7): 1082-1087.
[6] 马红春, 钟守冰, 李国治. 校企合作人才培养模式与机制创新研究[J]. 农业科技管理, 2013, 32(3): 92-94.
[7] 赵妩. 创新型人才培养的校企协同创新机制探索[J]. 实验室研究与探索, 2015(1): 172-175.
[8] 占侃, 孙俊华. 江苏高校校企合作研究: 基于社会网络分析的视角[J]. 科研管理, 2016, 37(10): 146-152.
[9] 段文凤, 陈昌禄, 罗爱忠,等. 地方高校校企合作的现状分析及推进途径的思考[J]. 高教学刊, 2018(3): 69-70.
[10] Ankrah S, Al-Tabbaa O. Universities–industry collaboration: A systematic review[J]. Scandinavian Journal of Management, 2015, 31(3): 387-408.
[11] Hsu C, Chiang C H. A bibliometric study of SSME in information systems research[J]. Scientometrics, 2015, 102(3): 1835-1865.
[12] Kim H D, Lee D H, Choe H, et al. The evolution of cluster network structure and firm growth: a study of industrial software clusters[J]. Scientometrics, 2014, 99(1): 77-95.
[13] 洪伟. 区域校企专利合作创新模式的变化——基于社会网络方法的分析[J]. 科学学研究, 2010, 28(1):40-46.
[14] 温芳芳. 基于专利计量的校企技术合作模式与规律研究[J]. 情报学报, 2012, 31(11):1194-1201.
[15] 马艳艳, 刘凤朝, 孙玉涛. 中国大学-企业专利申请合作网络研究[J]. 科学学研究, 2011, 29(3):390-395.
[16] 刘凤朝, 马荣康, 姜楠. 基于“985高校”的产学研专利合作网络演化路径研究[J]. 中国软科学, 2011(7): 178-192.
[17] Oliveira M, Gama J. An overview of social network analysis[J]. Wiley Interdisciplinary Reviews Data Mining & Knowledge Discovery, 2012, 2(2): 99-115.
[18] Han J W, Kamber M, Pei J,等. 数据挖掘概念与技术[M]. 北京: 机械工业出版社,2012.
[19] Hartigan J A. Direct Clustering of a Data Matrix[J]. Publications of the American Statistical Association, 1978, 67(337):123-129.
[20] Cheng Y, Church G M. Biclustering of expression data[C]. Eighth International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology. AAAI Press, 2000: 93-103.
[21] Cui L, Li X. A New Approach to Identify Research Focus of Medical Informatics Departments in China[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2010(35):49-54.
[22] 方丽, 崔雷. 对图书情报领域部分高产作者和研究特色双向聚类的探索[C]. 中华医学会第十七次全国医学信息学术会议. 2011.
[23] 范婷, 徐鹏, 娄岩. 基于双聚类法的医学大数据研究热点分析[J]. 中国卫生统计, 2017(2): 328-330.
[24] 中华人民共和国教育部. 教育部批准的高等学校名单[EB/OL].(2017-05-31)[2018-12-10]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/201706/t20170616_307075.html.
[25] 国家统计局.第二次全国基本单位普查公报[EB/OL]. (2012-03-24)[2018-11-30]. http: //www.stats.gov.cn/tjgb/jbdwpcgb/qgjbdwpcgb/t20030117_61467.htm.
[26] 温芳芳. 专利合作模式的计量研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2012.