

双一流高校校企协同创新现状分析及发展策略建议

王璐 俞征鹿 高继平 孙荣楠
(中国科学技术信息研究所,北京 100038)

摘要: 校企协同创新是高校提高创新能力和成果转化效率的重要途径。本文以中国双一流高校为研究对象,以中国科技论文与引文数据库、德温特世界专利索引和专利引文索引数据库以及上市公司年报数据库收录论文、专利和公司年报数据为基础,以科学计量学方法和可视化分析技术相结合的方式,分析高校在与企业开展合作创新的过程中在基础研究、应用研究和成果转化3个不同阶段的表现,并利用K-means聚类分析方法归纳出中国双一流高校在校企协同创新中呈现的4种不同表现形式,提出不同类型高校的发展对策和建议。

关键词: 校企协同创新; 双一流建设高校; 科学计量学; K-means聚类分析; 评价指标体系

中图分类号: G311

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2021.03.003

Research on the Status of Collaborative Innovation Between University and Enterprise of China's Double First-class Universities and Its Countermeasures

WANG Lu, YU Zhenglu, GAO Jiping, SUN Rongnan

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: The analysis of collaborative innovation between university and enterprise is helpful to guide university to improve the efficiency of scientific and technological innovation and achievement transformation. Taking China's double first-class universities as the research object, this paper analyzes and shows the performance of universities in the collaborative innovation process in three stages: basic research, application research, and products by achievement transformation based on the scientometrics method. This paper summarizes four forms of collaborative innovation in China's double first-class universities by K-means algorithm. And the paper proposes suggestions and countermeasures for universities to promote the development of collaborative innovation between university and enterprise based on their different form.

Keywords: collaborative innovation between university and enterprise, China's double first-class universities, Scientometrics, K-means cluster analysis method, evaluation index system

0 引言

协同创新理念是指各方以协同的方式将各种经济要素进行优化组合来提高创新能力和促进创新发展。校企协同创新则是将协同创新理念引

入到校企合作中,通过综合学校和企业双方在技术、人才、设备、市场等方面的优势,共同发展实现双赢。目前,国内外相关研究探索对于校企协同创新是高校提高创新能力和成果转化效率的重要途径这一观点已经形成共识,积极推进高校

作者简介: 王璐(1986—),女,中国科学技术信息研究所副研究员,研究方向为科学计量学(通信作者);俞征鹿(1980—),女,中国科学技术信息研究所研究员,研究方向为科学计量学;高继平(1983—),男,中国科学技术信息研究所副研究员,研究方向为科学计量学;孙荣楠(1996—),女,中国科学技术信息研究所硕士研究生。

基金项目: 中国科学技术信息研究所创新研究基金“国家科技创新体系框架下高校与企业协同创新能力测度”(QN2019-08)。

收稿时间: 2020年12月2日。

与企业的协同创新已成为必然趋势。

校企协同创新是各国科技政策研究的重点。世界发达国家和发展中国家大多都是鼓励大学、科研院所、企业等科研机构间开展合作来提高创新效率,如美国的Bayh Dole法案、欧洲理事会的里斯本增长和就业战略等。我国校企协同创新起步于20世纪80年代的科技体制改革,历经40年的发展,已经在国家创新驱动战略中起到了越来越重要的位置。2018年,习近平主席在全国教育大会上发表重要讲话,提出要加快一流大学和一流学科建设,要推进高校产学研协同创新,说明产学研协同创新在高校发展的重要地位。双一流建设是中共中央、国务院为提升高校综合实力和竞争力作出的重大战略决策,而双一流建设高校在人才、技术创新、平台建设、资金支持、创新环境、战略和文化方面相对更具有校企合作的优势。因此,对高校校企协同创新能力的分析研究对于引导和推动高校加强科技创新和促进科技成果转化具有积极作用,对提高高校创新能力以及国家科技创新发展具有重要的研究意义和学术价值。文献[1]对校企协同创新驱动进行了研究,提炼出校企协同创新的七大要素分别是人才驱动、技术创新驱动、平台建设驱动、资金支持驱动、创新环境驱动、战略性驱动、文化观念的驱动。本文基于此,以双一流建设高校为分析样本进行测度和分析,以期对我国高校加强科技创新起到积极引导和推动作用。

1 国内外研究进展

高校和企业分别作为国家科技创新体系框架中的知识创新主体和技术创新主体,在国家科技创新体系中发挥着重要作用。高校和企业进行合作的目的是促进科技创新向生产力转化。然而在实际合作中,由于知识的复杂性、需求的不匹配、市场政策的不完善等因素的限制,可能会导致科技成果转化效率较低等问题^[2-3]。为了解决这些问题,国内外学者从不同角度对校企协同创新开展了大量的研究。

关于校企协同创新的研究工作,主要分为两个研究方向。一是基于校企协同创新机理的研

究,如对产学研协同创新影响因素分析^[4-5]或对协同创新模式的分析^[6-7]等。曹馨月^[4]解释了结构方程模型,构建了产学研协同创新系统模型,分析创新能力、创新环境、知识复杂度、资金投入、创新绩效、合作动机等15个影响因素之间的相互关系和作用机制,得出产学研合作组织模式是决定协同创新最根本的因素、创新绩效是与协同创新具有最直接关系的结论。车密等^[7]基于联盟组合理论和中国转型情境探讨企业在产学研联盟组合管理中提升企业创新能力的路径机理。TSENG等^[5]研究了大学与产业合作资金对台湾大学技术创新绩效的影响,分析了大学内部促进大学和产业之间合作的三大因素,即管理机制、创新氛围和奖励制度。Alexander等^[8]从知识转移的角度分析高校和企业间的关系,利用元规则来帮助解决大学、知识转移办公室和企业之间的冲突。二是基于研究对象协同创新能力的评价。胡晓瑾等^[9]提出了多级模糊综合评价,杨道现^[10]提出了基于模糊灰度协同创新能力评价,毛克宇等^[11]提出了基于协同产品商务的协同能力指标体系,Schubert^[12-13]提出了基于合作数量和合作频次的合作能力指数,以及文献[14]—文献[17]提出了基于社会网络分析方法的对科研合作进行测度的方法,文献[18]提出了利用两阶段DEA模型分析评价产学研协同创新中的技术转移效率等。

无论是对协同创新机理的理论研究,还是对协同创新能力展开评价的应用实践,现有的研究工作要么聚焦于各方主体协同创新理论模式进行研究,要么聚焦于对论文数据、专利数据或奖励数据等单一数据源或对同类实体间合作关系进行定量分析。不同于以往的研究,本文将以高校这类创新主体作为研究对象,对校企合作的基础研究阶段、应用研究阶段和成果转化阶段3个不同阶段展开测度分析,有效帮助高校发现问题,为高校提高创新能力和促进成果转化提供对策和建议。

2 数据与方法

2.1 理论依据和原则

评价指标体系的构建应满足系统性和科学性

原则。基于校企协同创新全过程和系统构成遴选指标，科学、客观、真实地度量和反映高校在协同创新能力的基本属性和特征。本文引入中国科学技术信息研究所在科研机构创新发展报告中对高校产学研共创新能力设置的 10 项指标^[9]，从高校与企业科研活动协作的全流程出发，来表征高校分别在基础研究阶段、应用研究阶段和成果转化阶段与企业协同创新程度。同时，指标体系的构建应满足导向性原则。对高校协同创新能力评价的根本目的在于引导高校明确自身协同创新的现有状态和不足，从问题中找到解决方法，从根本上提升与企业协同创新的能力。

在基础研究阶段，一般是由高校来主导，校企双方通过合作产生学术性创新成果。因此，本文选用校企合作的学术论文规模和产生的学术影响力来表征高校校企合作创新在基础研究阶段的表现。在应用研究阶段，一般是企业通过项目合作提供经费的方式资助高校开展合作解决企业的实际问题，或通过聘请引进高校专业领域人才来提高企业创新力。因此，此阶段的校企协同创新能力测度可以通过由企业资助产出的高校论文规模和高校创新人才在公司中的任职来表征。在成果转化阶段，专利是连接技术与市场的桥梁，本文选择校企共同申请发明专利的规模、质量和影响力来表征。高校校企协同创新能力测度研究框架，如图 1 所示。

2.2 指标和数据

在以上理论框架下，构建校企协同创新班基础研究阶段、应用研究阶段和成果转化阶段 3 个阶段的测度指标，如表 1 所示。其中，论文数据来源为中国科技论文与引文数据库，专利数据来源为德温特世界专利索引和专利引文索引，高校人才与企业关系亲密度数据来源是上市公司年报数据库。

2.3 计算方法

对于高校 3 个阶段的测度采用 MIN-MAX 标准化法，即基于该阶段各项指标的极值进行标准化转换，计算出各项指标的相对位置得分 x ，再根据如下计算公式计算出高校各阶段的测度分值 $S_u (u=1,2,3)$ 。

$$S_u = \sqrt{\sum_{i=1}^n [(x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \times 100]^2}$$

其中， n 表示在第 u 阶段共有 n 项指标； x_i 表示被评价研究对象在指标 i 的数值； x_{\min} 和 x_{\max} 分别表示所有研究对象在该项指标的最小值和最大值；各项指标的极值乘以 100，任意研究对象的任意一项指标的表现值在 0 至 100 之间。 S_u 总分越高，说明该研究对象在第 u 阶段的协同创新表现越好。表 2 展示了部分高校在校企协同创新 3 个阶段的测度分值。

3 结果及讨论

利用 SPSS 软件对双一流高校的三维数

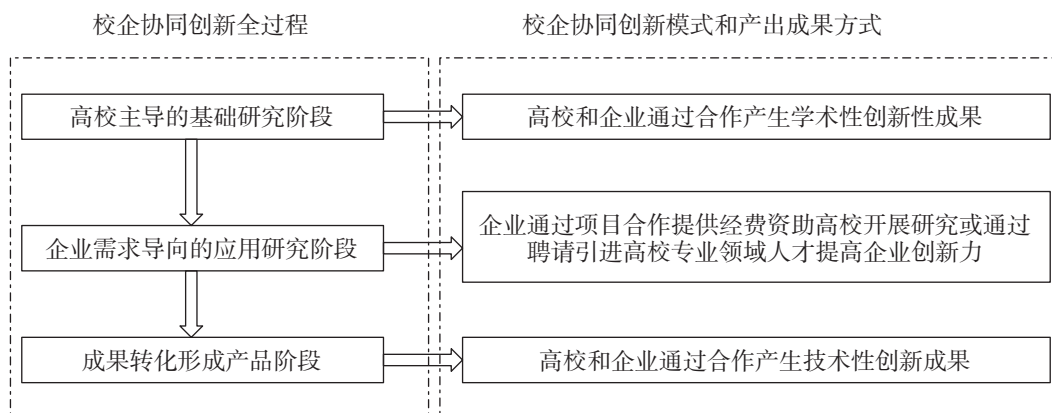


图 1 高校校企协同创新能力测度研究框架

表1 校企协同创新3个阶段测度指标说明

校企协同创新阶段	选取指标	指标说明
基础研究阶段 (S1)	高校与企业作为共同作者合作发表论文数量 (S11)	高校在基础研究阶段与企业合作规模的测度
	高校与企业作为共同作者合作发表论文的被引频次 (S12)	高校在基础研究阶段与企业合作产生的影响力的测度
	高校与企业作为共同作者发表论文占高校发表总论文数的比值 (S13)	高校在基础研究阶段与企业开展合作比重
应用研究阶段 (S2)	高校由企业项目资助进行科研而产出的论文数量 (S21)	企业根据其需求选择高校开展项目资助, 在经费支持下高校科研产出规模的测度
	高校人才与企业关系密切度 (S22)	高校人才在企业的任职或参与企业重大项目、重要事件的测度
成果转化阶段 (S3)	高校与企业合作申请的专利数量 (S31)	校企合作申请专利的规模的测度
	高校与企业合作申请专利数量占高校申请专利数量的比值 (S32)	校企合作申请专利的比重
	高校与企业合作申请专利的海外同族专利量 (S33)	校企合作申请专利的重要程度
	高校与企业合作申请专利的施引专利数量 (S34)	高校与企业合作专利的质量
	高校与企业合作申请专利的总被引频次 (S35)	高校与企业合作专利的学术传播能力

表2 部分高校在3个阶段测度分值

学校	基础研究阶段S1	应用研究阶段S2	成果转化阶段S3
U1	111.57	112.59	214.27
U2	169.50	42.51	95.11
U3	148.68	50.89	51.34
U4	49.39	48.25	100.00
U5	52.13	100.27	32.23
U6	44.65	96.54	36.42
U7	47.71	93.32	37.43
U8	103.11	37.93	5.90
U9	66.62	62.41	37.23
U10	88.36	36.52	22.01
U11	55.82	31.01	72.42
U12	22.80	70.55	59.61
U13	55.31	68.03	25.13
U14	23.02	79.62	24.61
U15	56.19	57.28	32.08
U16	38.65	71.15	20.58
U17	44.29	61.57	33.54
U18	24.88	73.68	22.09
U19	1.22	38.54	67.50
U20	48.39	54.11	21.07

值 $[s_1, s_2, s_3]$ 进行K-means聚类分析。通过调试 k 值, 当 $k=4$ 时, 簇间区别最为显著, 聚类效果最好。如表3所示为 $k=4$ 的聚类中心, 表4—表7展示了各聚类中包含的高校列表以及各高校坐标

值到聚类中心的距离。图2为以双一流高校为分析样本的聚类图。图2(a)是在三维空间的聚类分布, 图2(b)是二维空间的散点图矩阵。

从图2可以看出: 聚类1(以五角星表示)的高校, 其3个阶段的数据表现相对其他高校是非常突出的。聚类2(以三角形表示)包含的高校, 属于石油、地质等领域学科特色类高校, 其学科内容决定了校企协同创新的重要性, 因此该类学校在校企协同创新方面的科研成果在该校所有科研成果的占比很高, 这类高校在基础研究、应用研究和成果转化阶段的协同创新能力也相对较强。聚类3(以菱形表示)的高校在基础研究阶段和应用研究阶段的数据表现相对较强, 在成果转化阶段的表现较弱。聚类4(以空心圆圈表示)的高校在3个阶段的数据表现均较弱。

聚类1的高校是校企协同创新的典型代表高校, 无论从基础研究、应用研究还是成果转化阶段的数据表现都很好。首先, 高校与企业合作开展研究的学术论文成果从规模和影响上有很好的表现, 企业愿意资助高校开展研究, 高校也注重培养特色人才进入企业服务, 高校的研究和企业的需求高度一致, 反映了高校在人才培养、科技创新、协同观念、合作战略等方面的优势。由于

优势明显，校企合作更加密切，高校在校企合作的模式逐渐形成一体化，校企双方的多元合作更

表 3 双一流高校 K-means 聚类中心三维坐标 (k=4)

指标	聚类			
	1	2	3	4
基础研究阶段 S1	111.57	159.09	44.38	8.82
应用研究阶段 S2	112.59	46.70	56.24	22.45
成果转化阶段 S3	214.27	73.22	28.19	15.90

表 4 聚类 1 包含的高校列表

学校	聚类	距离
U1	1	0.000

表 5 聚类 2 包含的高校列表

学校	聚类	距离
U21	2	24.59
U22	2	24.59

表 6 聚类 3 包含的高校列表 (列出部分高校)

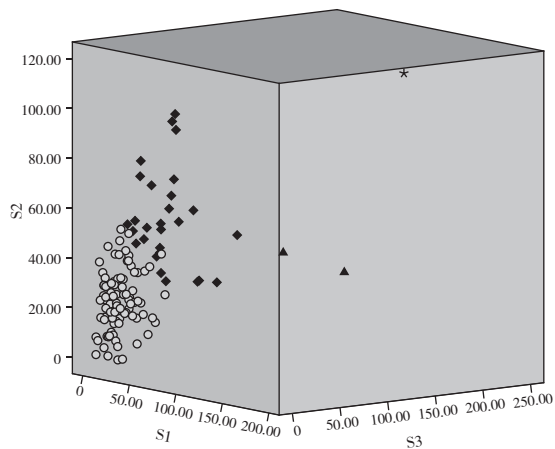
学校	聚类	距离
U1	3	72.42
U2	3	44.88
U3	3	41.13
U4	3	38.35
U5	3	65.43
U6	3	8.45
U7	3	16.49
U8	3	25.99
U9	3	29.05
U10	3	12.13

表 7 聚类 4 包含的高校列表 (列出部分高校)

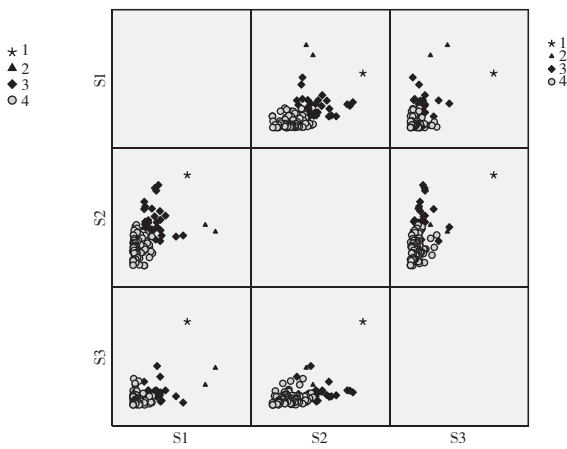
学校	聚类	距离
U1	4	54.59
U2	4	45.44
U3	4	38.12
U4	4	30.22
U5	4	40.66
U6	4	10.85
U7	4	12.74
U8	4	17.05
U9	4	13.06
U10	4	11.69

加系统化，通过合作战略等各种方式更加强化了校企间关系，并形成了长期、稳定的合作发展。因此，此类高校校企合作模式和创新机制已经相对成熟，发展方向应在维护现有合作关系基础上，聚焦国家产业发展重点和战略需求，结合高校自身优势，进一步探索产业联盟，为建设创新型国家服务。

聚类 2 的高校属于行业特色型高校。从数据表现上可以看出，此类高校在基础研究和成果转化阶段与企业关系强度更高，在企业需求导向的应用研究阶段表现也居于前列。说明这类高校在行业领域内的基础研究能力较强，受到企业的青睐，并且高校的研究能力和企业市场产品需求高度吻合，通过共同申请专利将技术推向市场。这类高校和企业的合作需求相对确定，合作关系相



(a) 三维样本集的散点图



(b) 散点图矩阵

图 2 高校校企协同创新能力聚类示意图

对稳定, 校企间的合作模式已经相对成熟。如企业与学校签订了促进长期发展的合作战略协议、已经搭建了产学研一体化平台或合作基地。此类高校应以聚类1中的高校为目标, 发挥高校行业研发优势, 在推动现有合作模式顺利进行的基础上, 积极开展重大科技项目研发合作, 进一步增强科研与产业化发展的协同度。另外, 建立高效产学研一体化发展体系和产教协同育人平台, 一方面要加强适应校企协同模式的人才培养, 另一方面要加强管理提高科技投入产出效率, 合作战略进一步向产学研合作战略联盟发展。

聚类3的高校和企业更多的合作方式还是在基础研究和应用研究阶段, 说明高校和企业的合作方式开始发展, 企业通过对高校资金、技术、工具等方面的投入来支持高校进行基础研究或应用研究。企业的支持进一步改善了高校的科研环境, 提高了科研水平。校企合作的成果主要体现在学术论文产出方面。但科研成果走向产业应用还存在一定障碍。此类高校一方面要加强分析高校专利功能与市场产品功能的技术关联强度, 找到高校的创新优势, 挖掘与企业的契合点, 更加主动地促进科研成果的转化; 另一方面要建立完善产学研体系的内部管理机制, 深入贯彻落实国家科技成果转化政策, 结合本校实际确定企业、研发机构各类主体的共同目标, 研制科技成果转化方面相关实施细则, 采取灵活选择委托开发、设立合作研究中心、合建运行实体等方式, 逐渐实现校企合作平台的搭建。

聚类4的高校和企业在各阶段的合作数据表现均较低, 体现了高校企业间的合作还处于相对初级的阶段, 高校更多地关注自身发展, 企业和高校的合作更多处于相对被动的关系模式。在应用研究阶段, 一般是企业有了靠自身资源和力量无法开展的研究需求进而寻找符合条件的高校进行科研合作。在这种情况下, 双方尚未形成稳定的合作方式。高校的科技发展更多的也还是依靠自身的科技投入和学科发展, 能够成功转化为企业产品的科研成果较少。此类高校应加强开展高水平、原创性的基础研究工作, 促进高校学科发

展和人才培养, 形成特色学科或特长学科, 进一步提高高校自主创新能力和整体科技实力。

4 结语

本文基于高校和企业在此框架中的角色和责任, 对校企协同创新过程分为基础研究阶段、应用研究阶段和成果转化阶段3个阶段, 构建中国高校校企协同创新能力评价体系, 分析测度高校在各阶段校企协同合作能力。同时, 通过对校企合作表现进行分析, 发现高校在协同创新过程中的4种表现模式, 并基于各类高校不同的数据表现提出高校在校企协同创新方面的创新发展策略, 对于高校进一步提升协同创新能力具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 张金连. 校企协同创新驱动要素分析[J]. 创新创业理论与实践, 2019, 2(8): 143-144.
- [2] 王丽平, 代赓. 科技服务队科技成果转化质量的作用过程[J]. 科技管理研究, 2019, 39(19): 244-253.
- [3] 张辉, 吴宝华, 牟宏晶. 行业特色型高校产学研协同创新路径研究[J]. 黑龙江教育: 高教研究与评估, 2019(6): 8-11.
- [4] 曹馨月. 基于解释结构模型的产学研协同创新影响因素体系分析[J]. 中国集体经济, 2019(20): 76-78.
- [5] TSENG F C, HUANG M H, CHEN D Z. Factors of university-industry collaboration affecting university innovation performance[J]. The journal of technology transfer, 2020, 45(2): 560-577.
- [6] 夏丽娟. 基于邻近视角的产学研协同创新研究[EB/OL]. [2021-03-15]. <http://www.doc88.com/p-6347302567525.html>.
- [7] 车密, 原长弘. 转型情境下产学研联盟组合管理初探[J]. 科技管理研究, 2019, 39(2): 105-114.
- [8] ALEXANDER A, MARTIN D P, MANOLCHEV C, et al. University-industry collaboration: using meta-rules to overcome barriers to knowledge transfer[J]. The journal of technology transfer, 2020, 45(2): 371-392.
- [9] 胡晓瑾, 解学梅. 基于协同理念的区域技术创新能力评价指标体系研究[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(2): 101-104.
- [10] 杨道现. 学科集群和产业集群协同创新能力评价方法研究[J]. 科技进步与对策, 2012, 29(23): 132-136.

- [11] 毛克宇, 杜纲. 基于协同产品商务的企业协同能力及其评价模型[J]. 内蒙古农业大学学报: 社会科学版, 2006, 8(2): 165-167.
- [12] SCHUBERT A. A Hirsch-type index of co-author partnership ability[J]. *Scientometrics*, 2012, 91(1): 303-308.
- [13] SCHUBERT A. Jazz discometrics: a network approach [J]. *Journal of Informetrics*, 2012, 6(4): 480-484.
- [14] LU H, FENG Y. A measure of authors' centrality in co-authorship networks based on the distribution of collaborative relationships[J]. *Scientometrics*, 2009, 81(2): 499-511.
- [15] KORN A, SCHUBERT A, Telcs A. Lobby index in networks[J]. *Physica a statistical mechanics & its applications*, 2009, 388(11): 2221-2226.
- [16] SCHUBERT A, SOÓS S. Mapping of science journals based on h-similarity[J]. *Scientometrics*, 2010, 83(2): 589-600.
- [17] ZHAOS X, ROUSSEAU R, YE F Y. h-Degree as a basic measure in weighted networks[J]. *Journal of Informetrics*, 2011, 5(4): 668-677.
- [18] YU Y, GU X, CHEN Y. Research on the technology transfer efficiency evaluation in industry-university-research institution collaborative innovation and its affecting factors based on the Two-Stage DEA Model[M] // XU J, HAJIYEV A, NICKEL S, et al. *Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management: advances in intelligent systems and computing*. Singapore: Springer, 2017: 237-249.
- [19] 中国科学技术信息研究所. 中国科技论文统计结果科研机构创新发展报告[EB/OL]. [2021-03-15]. <http://conference.istic.ac.cn/userfiles/2/files/page/20201230/1609336362581062105.pdf>.

(上接第6页)

单预审、市场运维流程, 促进了科技查新服务的集约化、专业化和标准化, 有效提高查新效率、保证报告质量、改善客户体验, 确保科技查新机构高效运转。

参考文献

- [1] 黄如花, 王小琼. 我国科技查新机构的分布及特点[J]. *情报理论与实践*, 2005, 28(3): 255-259.
- [2] 夏冬, 文庭孝, 谢黎, 等. 我国一级科技查新咨询机构发展现状网络调查及对策研究[J]. *图书情报导刊*, 2019, 4(9): 15-21.
- [3] 任珩, 王晓媛, 王君兰, 等. 我国科技查新机构的发展态势及转型思考[J]. *情报理论与实践*, 2019, 42(6): 65-70.
- [4] 种艳秋, 于秀芬, 郭秀梅, 等. 吉林省高等院校查新机构企业化模式探讨及评价[J]. *农业图书情报学刊*, 2011, 23(11): 105-108.
- [5] 黄孝伦, 王东, 谭涛, 等. 智能科技查新系统的设计与实现[J]. *计算机测量与控制*, 2020, 28(2): 202-205.
- [6] 张卓群, 赵霞, 姜静. 基于网络的科技查新综合业务平台的设计开发[J]. *图书情报研究*, 2011, 4(2): 29-34.
- [7] 储晓露, 张帆. 在线科技咨询服务系统及其在科技查新服务中的应用[J]. *今日科技*, 2014(4): 42-43, 46.
- [8] 赵宁, 张玲. 运用工业工程的方法优化图书馆科技查新流程[J]. *现代情报*, 2016, 36(12): 104-110.
- [9] 朱蓓莉. 浅论知识型服务业流程再造[J]. *科学与管理*, 2006, 26(5): 40-42.
- [10] 杨生举, 赵昕晖. 科技查新业务的流程化精确管理研究[J]. *甘肃科技*, 2012, 28(1): 20-22.
- [11] 徐欣威. 基于微信登陆的科技查新系统模块及流程设计和实现[J]. *天津科技*, 2019, 46(6): 68-70.
- [12] 孙秀良, 高彦静, 安贺意. 科技查新自动化管理服务系统的开发与实现[J]. *江苏科技信息*, 2020, 37(25): 39-44.
- [13] 冷江. 互联网+科技查新平台体系建设的探讨[J]. *内江科技*, 2016, 37(2): 21, 20.
- [14] 王庆民, 梁丽华. 基于SSH中北大学科技查新系统的开发与实现[J]. *农业图书情报学刊*, 2018, 30(12): 44-46.
- [15] 刘森. 云计算技术的价值创造及作用机理研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [16] 拉姆央金. 科技查新合同填写常见问题及对策[J]. *西藏科技*, 2018(7): 14-15.
- [17] 张静. 探析科技查新关键环节的审核[J]. *科技视界*, 2016(10): 210-210, 240.
- [18] 王志强. 用系统工程的方法搞好科技查新工作[J]. *图书馆工作与研究*, 2006(5): 65-67.