



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

国际竞争背景下关键小国优势领域科技人才研究 ——以新加坡人工智能领域为例

吴书琼 赵筱媛

中国科学技术信息研究所 北京 100038

摘要: [目的/意义] 在日益激烈的国际竞争背景下, 探索具有国际合作优势的关键小国, 分析其科技人才的分布及特征对我国开拓国际合作伙伴具有重要意义。[方法/过程] 通过构建关键小国优势领域科技人才分析框架, 以新加坡人工智能领域为实例, 从科技人才分布、国际合作态势两个方面对科技人才进行分析。[结果/结论] 结果显示, 新加坡人工智能领域科技人才主要分布在南洋理工大学与新加坡国立大学, 代表性学者有 Huang Guang-Bin、Cambria Erik、Lin Zhiping 等。新加坡国际合作对象分布广泛, 通过与新加坡开展合作可以间接促成中国与外国产生联系。

关键词: 关键小国; 科技人才分布; 国际合作; 人工智能

中图分类号: C964, G321.5, G35

Study on the Scientific and Technological Talents in Key Small Countries Based on the Background of International Competition——Taking the Field of Artificial Intelligence in Singapore as an Example

WU Shuqiong ZHAO Xiaoyuan

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

Abstract: [Objective/ Significance] In the context of increasingly fierce international competition, it is of great significance for China to explore the key small countries with international cooperation advantages and to analyze the distribution and characteristics of scientific and technological talents. [Methods/Process] By building an analysis framework of scientific and technological talents in the advantage fields of key small countries, taking artificial intelligence field in Singapore for example, the analysis of scientific and technological talents is carried out from two aspects: the distribution of scientific and technological

基金项目 国家社科基金一般项目“大数据环境下同行评议方法模式研究”(19BTQ082)。

作者简介 吴书琼(1996-), 硕士研究生, 研究方向为科技评价应用研究, E-mail: wushq2018@istic.ac.cn; 赵筱媛(1978-), 博士, 研究员, 研究方向为竞争情报与竞争战略。

talents and the trend of international cooperation. [Results /Conclusions]The results show that the scientific and technological talents in the field of artificial intelligence in Singapore are mainly distributed in Nanyang Technological University and National University of Singapore, and the representative scholars are Huang Guang-Bin, Cambria Erik, Lin Zhiping, and so on. Singapore has a wide range of international partners. Through cooperation with Singapore, it can indirectly promote China's connection with other countries.

Keywords: Key small countries; distribution of science and technology talents; international competition; artificial intelligence

1 研究背景

由中美贸易战的不断升级引发的中美科技战,标志着以美国为首的西方大国与中国之间的科技竞争日益严峻。虽然目前中国的国际科技合作国家主要集中在美国、英国、德国、日本等创新大国^[1,2],但随着这些创新大国不断加强对中国的技术出口管制,中国在一些科技领域的国际合作眼光需要转向“关键小国”。对于关键小国,目前学者们多从国家战略、政治外交的角度来界定,即人口较少、国土规模有限,具有足够的区域影响力及较好的外交紧密度和友好度的国家^[3,4]。本文认为,在当前形势下,科技领域关键小国更多表现为:传统大国与新兴大国之外、但在科技领域又具有显著地位的国家。这些国家虽然不具有较高的国际话语权,但可能在某些科技领域有着不容小觑的科技实力,具有不可忽视的作用^[5,6]。

国家的科技实力往往依托于科技人才,科技的竞争就是科技人才的竞争,高层次科技人才更是国家实力的中坚力量,因此对科技人才开展研究、探究优势领域的高层次人才特征具有重要意义。而目前学者对科技人才的研究主要集中在人才流动^[7-9]、人才成长环境^[10]、人才评价^[11,12]、科技人才识别^[13,14]等方面,研究对象侧重于全球或者美国、日本等科技大国,聚

焦在关键小国科技人才的研究较少。鉴于关键小国在特定科技领域具有独特优势,对相关科技人才进行分析具有重要意义,因此本文瞄准科技领域关键小国,从“科技人才-研究主题”双向维度出发,构建关键小国优势领域科技人才分析模型,选取新加坡人工智能领域为研究实例,分析科技人才的分布及其国际合作态势,探究中国在其国际合作布局中所处的位置,以为未来开拓我国的国际科技合作伙伴、提升国际合作效果,实现互利共赢的局面提供支撑。

2 关键小国优势领域科技人才分析框架

由于地域、人口的限制,关键小国不见得会在所有技术领域均表现突出,但能被称为关键小国的国家,往往在某些领域表现亮眼、具有其独特优势。如比利时的微电子研究中心(Interuniversity Micro-electronic Center, IMEC)是世界领先的产业共性技术研发平台^[15],荷兰阿斯麦(ASML)公司拥有全球最大的光刻机设备^[16]。与全球顶尖机构开展合作可以缓解我国因技术差距带来的难题,聚焦关键小国的机构、科技人才则可以从侧面缓解美国等国家开展技术出口管制带来的困境。那么以开展国际合作、拓展国际合作伙伴为前提对关键小国优

势领域科技人才进行探究，则需要解决以下问题：哪些科技人才为关键小国的优势领域做出了贡献？这些科技人才的分布如何？他们当今的国际合作态势呈现怎样的趋势及分布态势？为了探究这些问题，本文对关键小国科技人才分布及国际合作态势的研究分为两个环节：一是关键小国优势领域科技人才遴选；二是这些科技人才的分布及国际合作态势分析。

2.1 关键小国优势领域科技人才确定流程

关键小国优势领域科技人才的判别是从国家层面到人才层面的一个逐步深入过程，如图1所示。首先，在确定所要研究的关键小国基础上判定其优势子领域。文献产出作为科学研究的重要成果之一，在一定程度上可以反映某领域的研究成果及其影响力。因此可选择的指标有发文数量、高被引论文数量、论文被引总次数等，数量越多表示该领域越具有优势。其次，对优势领域进行细分，将其划分为若干个子领域。最后，确定每个子领域相对应的科技人才。由于论文的第一作者与通讯作者分别是论文的主要撰写者与负责人，对论文具有最为重要的贡献，因此在优势子领域确定之后，本文拟定以优势子领域所有论文的第一作者和通讯作者构成科技人才集。

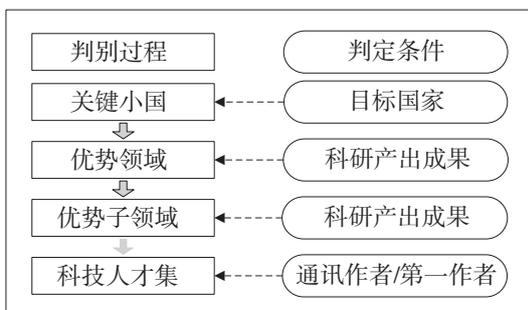


图1 关键小国优势领域科技人才判别

2.2 科技人才分布及合作态势分析框架

在遴选出关键小国优势领域科技人才的基础上，本文从科技人才分布与国际合作态势两个维度对科技人才进行分析，并细化为5个具体指标，如图2所示。科技人才分布维度分为科技人才的机构分布与优势子领域的代表性学者分布两个具体指标；国际合作态势维度则从国际合作的国家、机构、学者三方面来分析。并且对所有统计的指标都辅以研究主题的相关分析，可以达到“科技人才-研究主题”相对应的目的，即一方面可以了解科技人才的重点研究主题所在，另一方面可以有针对性地根据特定研究主题得到相关研究人员的分布及国际合作情况。指标具体含义及其意义如下。

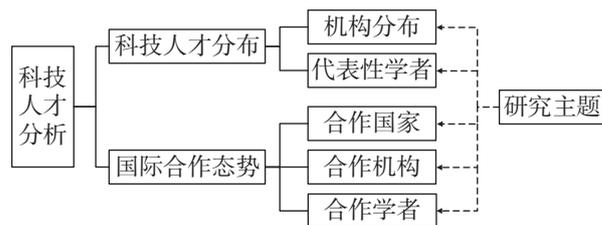


图2 关键小国优势领域科技人才分析框架

2.2.1 科技人才分布

机构分布。机构分布是指科技人才主要集中在的机构或机构类型。对科技人才的机构分布进行分析，可以了解关键小国对该领域关注较高的机构有哪些，展示了该国科技人员的集聚地；机构发表的论文数量及质量也侧面体现了机构的科学研究能力。本文对关键小国科技人才机构的统计只计算地址中所属国家标注为该国的机构，其他国家机构的人才不列入统计范围。

代表性学者分布。代表性学者是指对相关领域具有较大贡献的人才。通过统计分析各优势子领域的代表性学者，可以发现顶尖人才及

其所在机构,以及这些机构可能存在的一些潜在的、未被发掘的优秀学者。本文拟采用发文数量这一指标来判定人才在该领域的所处地位。如若存在较多科技人才发表了大量论文,则采用论文被引总次数或者篇均论文被引次数来判定科技人才在该领域的学术地位。

2.2.2 国际合作态势

对国际合作情况进行分析,可以看出目前与关键小国产生国际合作的国家、机构以及学者分布,了解关键小国的国际合作现状。国际合作从合作国家/地区、合作机构、合作学者三方面进行,合作的程度由合作产出的国际合著论文数量判定,合著论文数量越多,合作程度越高。

合作国家。合作国家指论文作者中出现的非关键小国科技人才的所属国家。该指标可以反映关键小国在世界上已经和哪些国家具有合作基础,以及他们相互之间的合作程度。

合作机构。合作机构指论文作者中出现的非关键小国科技人才的所属机构。该指标可以反映该关键小国在世界上开展国际合作的主要机构,分析其合作领域,进而了解关键小国的全球合作布局。

合作学者。合作学者指论文作者中出现的非关键小国的科技人才。该指标可以反映该关键小国在世界上已经具有合作基础的学者,并可进一步揭示这些学者的所属机构、所在国家、研究领域,以了解与关键小国开展国际合作的全球学者分布。

3 实证研究

人工智能领域作为新兴高科技领域,已成

为引领未来的重要产业,发达国家视其为提升国家竞争力及维护国家安全的重大战略技术领域。伴随中美贸易战的升级,人工智能及相关子领域已经被列入美国技术出口管制清单。因此,在国际上探寻人工智能领域相关科技人才具有重要的实际意义。笔者在 Web of Science 核心合集数据库中检索 2009-2018 年 Web of Science 分类为 computer science artificial intelligence (计算机科学人工智能) 的论文,文献类型选择 Article OR Proceedings Paper OR Review,数据库索引选择 SCI-EXPANDED,检索结果及各国人口总量如表 1 所示。由表 1 可知,新加坡的发文总数量位于世界第 16 位,其高被引论文数量居于世界第 5 位,仅次于中国、美国、英国、澳大利亚,可见科技实力不容小觑。新加坡国土面积为 724.4 平方公里,总人口 564 万^[7],加之与中国具有较好的外交关系,人工智能领域拥有较强的实力,符合科技领域关键小国的特征。因此,本文以新加坡人工智能领域为例,依据上文构建的关键小国优势领域科技人才分析框架开展实证分析,研究结果可为中新两国更好的开展国际合作提供支撑。

3.1 数据来源与处理

(1) 数据获取。以 Web of Science 核心合集数据库作为数据来源,数据库索引选择 SCI-EXPANDED,时间跨度选择 2009-2018 年,检索式为 WC=(computer science artificial intelligence) and CU=Singapore and PY=(2009-2018),以文献类型对检索结果进行精炼,选择研究论文(Article)、综述(Review)以及会议论文(Proceedings Paper)。检索日期为 2019 年 12 月 13 日,共得到论文 2663 篇。

表 1 2009-2018 年计算机科学人工智能领域发文总量前 20 国家（地区）信息表

次序	国家/地区	发文总量（篇）	高被引论文数量（篇）	人口总量
1	中国	33834	1183	14亿
2	美国	19067	424	3.3亿
3	西班牙	7606	96	4673万
4	英国	7429	237	6649万
5	印度	6161	91	13.24亿
6	法国	5948	78	6700万
7	伊朗	4911	43	8165万
8	加拿大	4690	97	3706万
9	澳大利亚	4659	229	2544万
10	德国	4568	74	8293万
11	意大利	4481	37	6043万
12	土耳其	4051	40	8200万
13	韩国	3772	46	5166万
14	日本	3468	33	1.25亿
15	新加坡	2622	141	564万
16	巴西	2198	14	2.1亿
17	波兰	1996	14	3840万
18	荷兰	1964	32	1726万
19	马来西亚	1793	21	3266万
20	沙特阿拉伯	1525	84	3255万

（2）数据预处理。首先，采用 Python 软件提取第一作者与通讯作者的地址信息。然后利用人工筛查的方法对论文作者进行去重，如单位相同情况下，认为“Tan Chew-Lim”与“Tan Chew Lim”为同一人；对地址中机构字段进行消歧，如“Nanyang Technol Uni vers”、“Nanyang Technol Univ”、“Nanyang Technol Univ”等都归并为“南洋理工大学”。如果出现同一位作者标注两个地址的情况，以标注在前的地址信息为准，即在一篇论文中，一位作者只能有一个地址信息，隶属于一个国家。最后采用 Excel、SQL 数据库等软件对结果做进一

步的统计，并采用 echarts 软件呈现可视化数据。

3.2 新加坡人工智能领域科技人才获取

3.2.1 优势子领域的选取

对新加坡人工智能领域的研究主题演化进行分析，以 2 年为时间节点进行切片，对所有的论文的关键词进行去重归并、统计，共得到 7071 个关键词。图 3 展示了 2017-2018 年数量前 15 位的关键词在 2009-2018 年间的演变情况，图 3 中数字是标有该关键词的文献数量，数值越高色块颜色越深。从图 3 中可以看出：“Convolutional Neural Network（卷积神经

网络)”、“Deep Learning (深度学习)”自2013年开始出现,到2018年学位论文数量位于前两位,可见这两个研究方向已迅速成为新加坡人工智能领域近年的研究前沿热点;“Neural Networks (神经网络)”、“Extreme Learning Machine (极限学习机)”这两个研究方向论文总量一直占据当年前列,说明神经网络、极限学习机是新加坡人工智能领域的中的优势领域。“EEG (脑电图)”、“Sentiment Analysis (情绪分析)”、“Multi-objective Optimization (多

目标优化)”等方向论文数量虽不位于前列,但呈现出逐年上升的趋势,可见其研究具有较大的发展潜力。可以看出,新加坡人工智能领域的优势子领域为“Convolutional Neural Network (卷积神经网络)”、“Deep Learning (深度学习)”、“Neural Networks (神经网络)”与“Extreme Learning Machine (极限学习机)”,未来可能成为中国与新加坡深度合作的优势领域,因此有必要对这4个领域的科技人才做进一步分析。

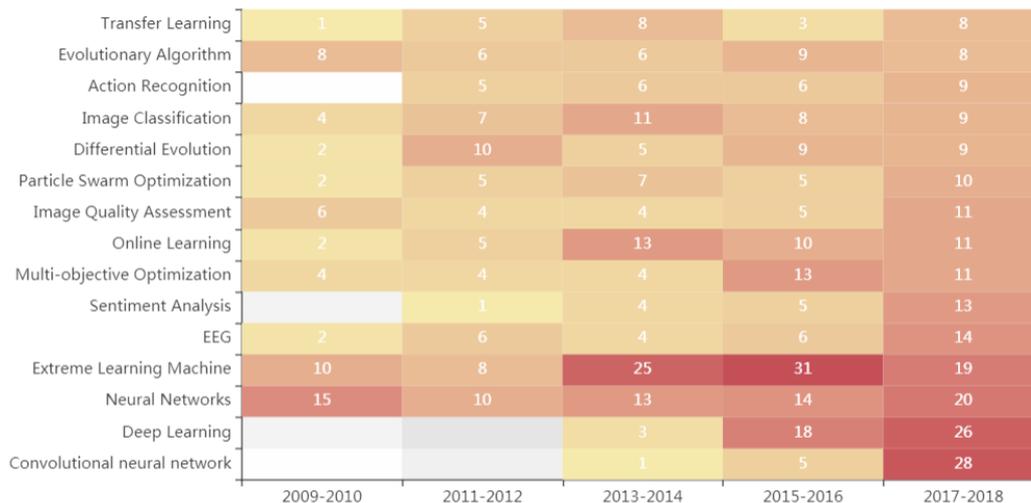


图3 2017-2018年新加坡人工智能领域研究热点主题演化图

3.2.2 科技人才集的构建

选取上文识别的4个优势子领域所含论文的第一作者与通讯作者,分别构成各子领域的科技人才数据集。各子领域新加坡科技人才数量及代表性学者如表2所示。代表性学者发文数量是指该学者作为第一作者或通讯作者发表的属于该子领域的论文数量。

相比 Convolutional Neural Network (卷积神经网络)与 Deep Learning (深度学习)这两个近5年新兴起的前沿热点, Neural Net-

works (神经网络)、Extreme Learning Machine (极限学习机)两个领域拥有更多的科技人才数量,且代表性学者有更多的发文量,可以为国际合作的展开提供更多的优质合作人才。在新加坡的4个优势子领域中,科技人才的机构分布相对一致,神经网络领域代表性学者均来自新加坡国立大学,另外三个领域代表性学者则都来自于南洋理工大学。在国际合作开展的过程中,与新加坡国立大学的合作应更多关注神经网络领域,与南洋理工大学的合作

则关注卷积神经网络、深度学习与极限学习机领域。

表 2 中科技人才共有 135 位，对 4 个子领

域之间有交叉的科技人才进行去重，得到实际科技人才 106 位，下文将对这 106 位科技人才展开分析。

表 2 新加坡人工智能优势子领域科技人才集

优势子领域	科技人才数量	代表性学者姓名（所属机构，发文数量）
Convolutional Neural Network （卷积神经网络）	22	Shuai Bing(南洋理工大学,3) ; Cambria Erik(南洋理工大学,2) ; Wang Gang(南洋理工大学,2)
Deep Learning （深度学习）	28	Shuai Bing(南洋理工大学,2) ; Wang Gang(南洋理工大学,2)
Neural Networks （神经网络）	40	Pan Yongping(新加坡国立大学,6) ; Yu Haoyong(新加坡国立大学,5) ; Ren Beibei(新加坡国立大学,3)
Extreme Learning Machine （极限学习机）	45	Huang Guang-Bin(南洋理工大学,8) ; Lin Zhiping(南洋理工大学,6) ; Er Meng Joo(南洋理工大学,4)

3.3 科技人才分析

3.3.1 科技人才分布

（1）科技人才机构分布

新加坡人工智能 4 个优势子领域 106 位科技人才分布于 11 个机构，拥有科技人才数量超过 1 的机构共 6 个，如表 3 所示。6 所机构中有 5 所机构性质为高校或科研院所，且南洋理工大学与新加坡国立大学占据了超过 80% 的人

才，说明高校类科研机构是新加坡人工智能领域基础研究人才的重要聚集地，为新加坡人工智能领域培养了大部分人才。南洋理工大学每个子领域的人才数量都居于首位，而新加坡国立大学的科技人才有半数都擅长于神经网络领域，在神经网络领域的科技人才具有更高的科技产出能力。与上文初步分析相对应，这两个机构是为新加坡人工智能领域提供科技人才的重要机构。

表 3 新加坡人工智能优势子领域科技人才机构分布

机构名称	人才数量	子领域人才数量			
		卷积神经网络	深度学习	神经网络	极限学习机
Nanyang Technol Univ （南洋理工大学）	63	15	15	18	35
Natl Univ Singapore （新加坡国立大学）	23	5	7	13	1
Agcy Sci Technol & Res （科学技术研究局）	7	1	3	1	2
Singapore Univ Technol & Design （新加坡科技设计大学）	4	0	0	4	4
Rolls Royce Singapore （劳斯莱斯有限公司）	2	0	1	1	0
Ngee Ann Polytech （新加坡义安理工学院）	2	0	0	2	0

(2) 代表性学者分布

作为第一作者或通讯作者发表论文超过3篇的学者有8人,如表4所示。从作者单位看,有6位学者来自于南洋理工大学,2位学者来自于新加坡国立大学。对这些学者开展进一步分析,来自南洋理工大学的科技人才中,有4位学者发文全都只在极限学习机领域,有2位学者研究领域有交叉但在极限学习机领域的论文最多,且Er Meng Joo与Shao Zhifei有3篇极限学习机领域的合著论文;来自新加坡国立

大学的Pan Yongping与Yu Haoyong都专注于神经网络领域,且有5篇合著论文, Pan Yongping亦是神经网络领域发文最多的学者。因此从开展国际合作的角度看,极限学习机领域的合作可侧重于南洋理工大学的Huang Guang-Bin、Lin Zhiping等高发文学者团队;在神经网络领域则可考虑与Pan Yongping及其团队开展合作;卷积神经网络、深度学习领域可通过与南洋理工大学的代表性学者Cambria Erik及其团队合作来拓宽合作范围。

表4 新加坡人工智能优势子领域代表性科技人才

论文数量	学者姓名	所在机构	研究领域
8	Huang Guang-Bin	Nanyang Technol Univ (南洋理工大学)	极限学习机(8)
6	Cambria Erik	Nanyang Technol Univ (南洋理工大学)	卷积神经网络(2);深度学习(1);神经网络(1);极限学习机(3)
6	Lin Zhiping	Nanyang Technol Univ (南洋理工大学)	极限学习机(6)
6	Pan Yongping	Natl Univ Singapore (新加坡国立大学)	神经网络(6)
5	Er Meng Joo	Nanyang Technol Univ (南洋理工大学)	神经网络(1);极限学习机(4)
5	Yu Haoyong	Natl Univ Singapore (新加坡国立大学)	神经网络(5)
4	Lan Yuan	Nanyang Technol Univ (南洋理工大学)	极限学习机(4)
4	Shao Zhifei	Nanyang Technol Univ (南洋理工大学)	极限学习机(4)

3.3.2 国际合作态势

第一作者与通讯作者地址不是新加坡的论文可认为是由其他国家学者主导、新加坡学者参与而产生的国际合著论文,对这些论文的第一作者与通讯作者进行机构、人名去重,得到与新加坡合作中起到主导作用的学者。在这些学者中选取属于Convolutional Neural Network(卷积神经网络)、Deep Learning(深度学习)、

Neural Networks(神经网络)、Extreme Learning Machine(极限学习机)4个领域的科技人才进行统计分析,得到合作国家19个、合作机构80个、合作人才128位,下文将基于此开展分析。

(1) 合作国家分析

与新加坡人工智能领域优势子领域开展国际合作的国家共有19个,合作人才数量超过3

人的国家有7个，如表5所示。除中国外，新加坡的合作国家主要为美国、印度、澳大利亚、韩国、意大利等国家。

新加坡与中国的合作人才数量最多，虽4个子领域人才分布并不均匀，但远远超过其他国家，可见中国与新加坡在人工智能领域具有较好的国际合作基础。美国与新加坡合作的总

人数仅次于中国，且在各子领域均有分布。印度虽然人才数量居于美国之下，但在神经网络与极限学习机两个子领域的人才数量超过美国。因此中国通过与新加坡在上述领域的合作，可以间接促成中国与美国、印度等国家产生联系。这种联系既可能帮助中国了解其他国家，也有可能发展成为替代性合作关系。

表5 新加坡人工智能领域合作国家分布

国家	人才数量	子领域人才数量			
		卷积神经网络	深度学习	神经网络	极限学习机
中国	80	22	32	23	17
美国	9	1	3	3	2
印度	7	0	0	4	5
澳大利亚	5	1	0	2	2
韩国	4	0	0	0	4
意大利	4	0	0	0	4

(2) 合作机构分析

与新加坡人工智能领域优势子领域开展国际合作的机构有80个，合作人才数量超过2人的机构有8个且均为中国机构，合作人才数量为2人的机构有20个且有12个为中国机构。表6中只列出合作人才数量超过2人的8个中国机构及合作人才数量等于2人的8个非中国机构。

表6所列机构均为高校或者科研院所，并无企业上榜，可见新加坡在人工智能基础研究方面更容易与高校、科研院所产生国际合作。在中国的8所机构中，与新加坡在深度学习、卷积神经网络领域开展合作的机构分别达到了7所、6所，在神经网络与极限学习机领域开

展合作的机构只各有3所。与中国表现相反的是，只有德国的 Fraunhofer Heinrich Hertz Inst 与新加坡在深度学习、卷积神经网络领域开展合作，其他国家机构的合作则集中在神经网络与极限学习机领域。由此可见，新加坡4个优势子领域的国际合作有所布局，与中国、德国机构的国际合作侧重于深度学习、卷积神经网络领域，与其他国家机构的国际合作侧重于神经网络、极限学习机领域。中国通过与新加坡的合作，可以促进与德国 Fraunhofer Heinrich Hertz Inst 在深度学习、卷积神经网络领域的合作，与印度理工大学、美国俄亥俄大学、韩国延世大学等机构在神经网络、极限学习机领域的合作。

(3) 合作学者分析

主导与新加坡人工智能领域优势子领域开展国际合作的学者共有 128 人，合著论文数量超过 1 篇的学者有 13 人，如表 7 所示。除了来自韩国延世大学的 Toh Kar-Ann 与来自意大利热那亚大学的 Oneto Luca，

其余学者均来自于中国。这些学者的所属机构、国家的分布与上文合作国家、合作机构的统计分析结果基本相一致，可见来自与新加坡有较好合作基础的国家或机构的学者更容易与新加坡人工智能优势子领域产生国际合作。

表 6 新加坡人工智能领域合作机构分布

机构名称	所属国家	人才数量	子领域人才数量			
			卷积神经网络	深度学习	神经网络	极限学习机
北京理工大学	中国	8	0	4	0	5
中山大学	中国	6	2	4	2	0
清华大学	中国	4	2	3	0	1
中国科学院	中国	4	2	2	0	0
北京航空航天大学	中国	4	2	0	1	2
北京交通大学	中国	3	2	3	0	0
哈尔滨工业大学	中国	3	3	1	0	0
东南大学	中国	3	0	2	1	0
Fraunhofer Heinrich Hertz Inst	德国	2	1	1	0	0
IIT Kharagpur (印度理工学院)	印度	2	0	0	2	1
Ohio Univ (俄亥俄大学)	美国	2	0	0	2	0
Kongu Engineering College	印度	2	0	0	0	2
Oakland Univ (奥克兰大学)	美国	2	0	0	0	2
Yonsei Univ (延世大学)	韩国	2	0	0	0	2
Univ Genoa (热那亚大学)	意大利	2	0	0	0	2
Khon Kaen Univ (孔敬大学)	泰国	2	0	0	0	2

11 位来自中国的学者有 2 位同来自于北京理工大学，2 位同来自于清华大学。对这些学者进一步研究发现，来自北京理工大学的 Wang Shuigen (王水根) 的两篇论文均与 Deng Chenwei (邓宸伟) 合作发表；而清华大学的 Lu Jiwen (鲁继文) 和 Huang Gao (黄高) 与新加坡都产生了多次合作，但两人之间并无合作，

查询两位学者履历信息发现，他们虽都来自于清华大学，但是属于不同的研究团队。其他学者之间亦无合作关系。可见这些学者虽然都与新加坡开展了合作，但是相互之间并无合作关系，尤其是中国的学者之间可以加强合作，促进共同发展。

韩国学者 Toh Kar-Ann 与意大利学者 Oneto

Luca 虽然都专注于极限学习机领域，但通过阅读论文发现他们的研究方向与合作学者均有所差异：Toh Kar-Ann 将极限学习机的相关技术用于异构人脸识别的过程，与他有合作的是南洋理工大学的 Oh Beom-Seok 和 Lin Zhiping；Oneto Luca 则与南洋理工大学的 Cambria Erik 合作，致力于利用相关技术对大型社会数据

进行分析。因此，通过和南洋理工大学的 Oh Beom-Seok、Lin Zhiping 及其团队开展合作，可以增加中国与韩国延世大学 Toh Kar-Ann 及其团队的合作可能，开展异构人脸识别方面的合作；而通过与南洋理工大学的 Cambria Erik 及其团队开展合作，则可增加与意大利热那亚大学 Oneto Luca 及其团队合作的可能。

表 7 新加坡人工智能领域合作学者分布

合著论文数	学者姓名	所在机构	所属国家	研究领域
5	Deng Chenwei	北京理工大学	中国	深度学习（1）；极限学习机（5）
5	Wang Ning	大连海事大学	中国	极限学习机（5）
4	Wei Yunchao	北京交通大学	中国	深度学习（3）；卷积神经网络（2）
4	Xu Bin	西北工业大学	中国	神经网络（4）；极限学习机（1）
3	Lu Jiwen	清华大学	中国	深度学习（3）
3	Toh Kar-Ann	Yonsei Univ (延世大学)	韩国	极限学习机（3）
2	Chen Weihai	北京航空航天大学	中国	极限学习机（1）；卷积神经网络（1）
2	Deng Wan-Yu	西安邮电大学	中国	极限学习机（2）
2	Huang Gao	清华大学	中国	极限学习机（2）
2	Liang Xiaodan	中山大学	中国	卷积神经网络（2）
2	Oneto Luca	Univ Genoa (热那亚大学)	意大利	极限学习机（2）
2	Rong Hai-Jun	西安交通大学	中国	极限学习机（2）
2	Wang Shuigen	北京理工大学	中国	极限学习机（2）

4 总结

依据关键小国优势领域科技人才分析框架，本文以新加坡人工智能领域为例，逐步对优势子领域、科技人才分布、国际合作现状进行了分析，得出以下结论：

（1）新加坡人工智能领域的优势子领域为“Convolutional Neural Network（卷积神经

网络）”、“Deep Learning（深度学习）”、“Neural Networks（神经网络）”与“Extreme Learning Machine（极限学习机）”。卷积神经网络与深度学习是新加坡近几年的研究前沿热点，而神经网络、极限学习机一直都是新加坡人工智能领域的重点研究方向，这4个领域已经或者未来可能成为中国与新加坡的重点合作方向。

(2) 新加坡人工智能领域优势子领域的科技研究人才主要集中于南洋理工大学与新加坡国立大学。两所高校都是新加坡的顶尖高校,对于人工智能领域人才的培养方向各有侧重。南洋理工大学极限学习机领域的科技人才数量最多,而新加坡国立大学科技人才则半数以上都集中于神经网络领域。因此与南洋理工大学可侧重于开展极限学习机领域的国际合作,与新加坡国立大学的合作应更多关注神经网络领域。

(3) 新加坡人工智能领域国际合作广泛。新加坡与中国的合作更侧重于深度学习、卷积神经网络领域,开展国际合作较多的学者有 Deng Chenwei (邓宸伟)、Wang Ning (王宁) 等 13 人;除中国之外,德国 Fraunhofer Heinrich Hertz Inst、美国俄亥俄大学与奥克兰大学、印度理工学院、韩国延世大学、意大利热那亚大学等机构的学者与新加坡开展合作较多,更偏向神经网络、极限学习机领域。其中,韩国延世大学的 Toh Kar-Ann 于异构人脸识别方面与南洋理工大学的 Oh Beom-Seok、Lin Zhiping 合作紧密;意大利热那亚大学 Oneto Luca 则与南洋理工大学的 Cambria Erik 在大型社会数据分析方面合作密切。这些机构、学者与新加坡有密切的合作,那么通过有选择性的与新加坡学者开展合作可以间接与这些科技人才产生联系,达到与其他国家优秀科技人才合作的目的。

在国际科技竞争激烈的背景下,挖掘关键小国的优势领域,探究关键小国优秀科技人才的分布具有重要意义。本文基于文献计量构建了关键小国优势科技人才分布与国际合作的分

析模型,在一定程度上可以探究关键小国的重点研究主题、领域内顶尖的机构人才,对于了解科技领域中具有独特优势的国家的科技人才布局、促进我国与这些关键国家开展合作甚至是引进相关领域人才都具有借鉴意义。但由于本文仅采用了新加坡人工智能领域的文献数据对模型进行实证检验,数据来源范围较窄,后续研究中也会探索性的将专利、政策文本等数据纳入研究中,不断优化完善。

参 考 文 献

- [1] 郑栋,朱春奎,陈玉龙. 中国在国际创新合作网络中的地位和角色——基于 2011-2015 年国际专利合作的实证研究 [J]. 科技管理研究, 2019, 39(2):194-202.
- [2] 翟通,李文兰. 基于 ESI 高被引论文的国际合作研究 [J]. 情报探索, 2018, 253(11):29-35.
- [3] 李永辉. 中国国际战略中的“关键性小国”:以斯里兰卡为例 [J]. 现代国际关系, 2015(2):21-23.
- [4] 陈翔. 关键性小国与中国的支点外交 [J]. 江南社会学院学报, 2015(1):28-33.
- [5] 方晓霞. 以色列的科技创新优势、经验及对我国的启示 [J]. 中国经贸导刊, 2019(5):25-26.
- [6] 张金颖,安晖. 荷兰光刻巨头崛起对我国发展核心技术的启示 [J]. 中国工业和信息化, 2019(2):40-44.
- [7] Czaika M, Parsons C R. The gravity of high-skilled migration policies[J]. Demography, 2017, 54(2): 603-630.
- [8] 朱军文,徐卉. 海外归国高层次人才质量与分布变迁研究 [J]. 科技进步与对策, 2014, 31(14):144-148.
- [9] 刘兵,曾建丽,梁林,等. 京津冀地区科技人才分布空间格局演化及其驱动因素 [J]. 技术经济, 2018, 37(5):86-92.
- [10] 石伟,钱思. 创新人才成长环境研究现状及未来 [J]. 现代管理科学, 2018(7):93-95.
- [11] 赵宁,石磊,翟凤勇,等. 基于专利信息评价和

- 挖掘智能机器人领域技术创新人才——主成分分析法(PCA)的视角[J]. 科技管理研究, 2019, 39(17):160-165.
- [12] Anninos L N. Research performance evaluation: Some critical thoughts on standard bibliometric indicators [J]. Studies in Higher Education, 2014, 39(9): 1542-1561.
- [13] 田瑞强, 刘伊颖, 姚长青, 等. 基于专利文献的创新科技人才识别研究[J]. 情报杂志, 2018, 37(8):71-77.
- [14] 陈佳琪, 赵筱媛. 基于多源数据的全球高层次科技人才群体判别研究——以基因组学领域为例[J]. 科技管理研究, 2018, 38(23):109-114.
- [15] 郑佳, 张泽玉, 李稷, 等. 从论文和专利角度研究比利时微电子研究中心科技创新与国际合作情况[J]. 高技术通讯, 2019, 29(7):711-721.
- [16] 张金颖, 安晖. 荷兰光刻巨头崛起对我国发展核心技术的启示[J]. 中国工业和信息化, 2019(2):40-44.
- [17] 外交部. 新加坡国家概况[EB/OL]. (2019-11) [2020-2-10]. https://www.fmprc.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/yz_676205/1206_677076/1206x0_677078/.