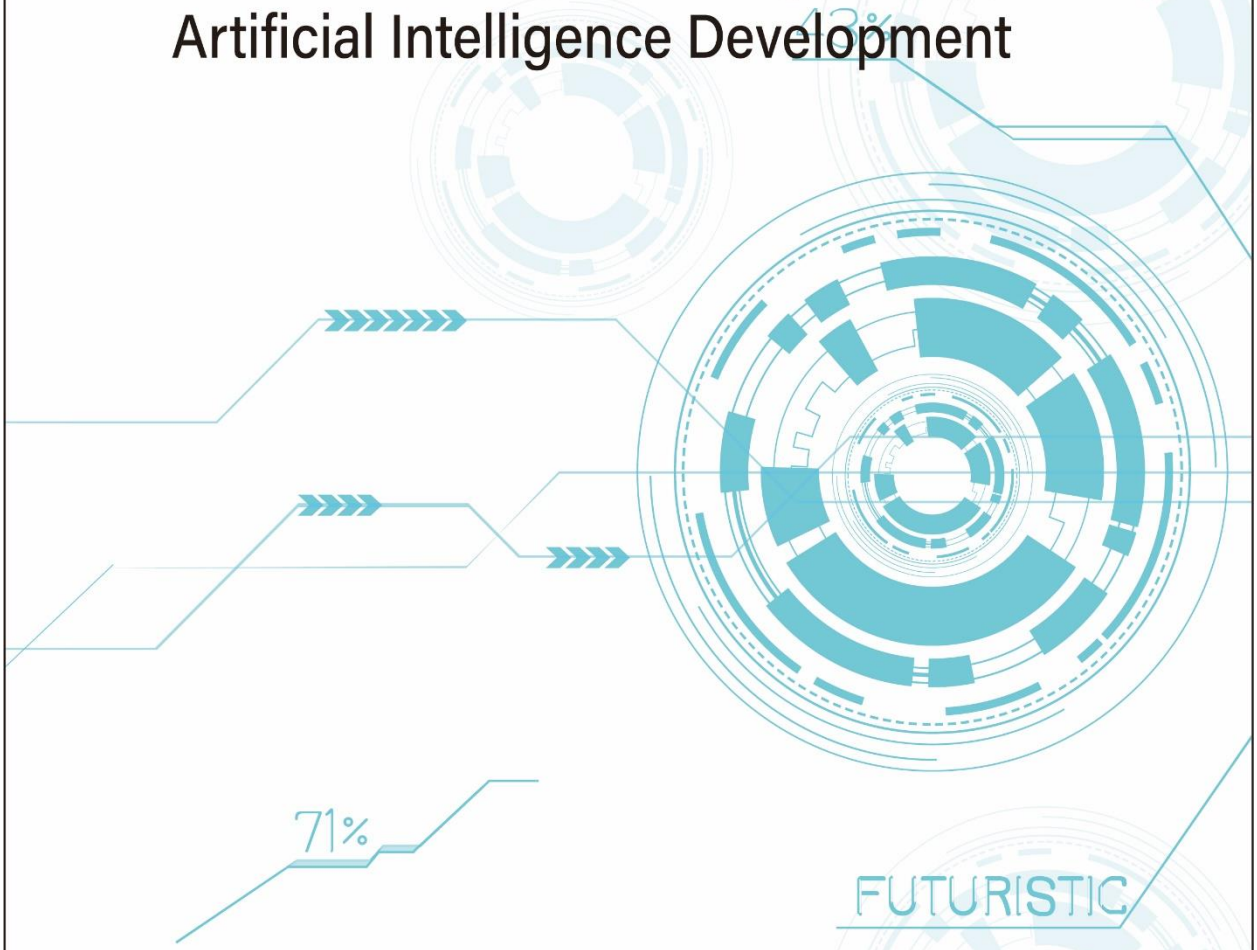
人工智能发展水平评价分析报告 2018

2018 Evaluation and Analysis Report on Artificial Intelligence Development



CIRAA 浙江大学信息资源分析与应用研究中心
Center for Information Resources Analysis & Application

目 录

1 人工智能概述 - 1 -
1.1 研究背景及意义 - 1 -
1.2 人工智能基本知识 - 1 -
1.2.1 概念界定 - 1 -
1.2.2 发展历史 - 2 -
1.3 人工智能评价现状 - 3 -
1.3.1 人工智能国家战略调研 - 3 -
1.3.2 国内外人工智能报告调研 - 5 -
2 人工智能评价指标体系 - 6 -
2.1 评价原则 - 6 -
2.2 指标体系 - 7 -
2.2.1 指标体系调研与比较 - 7 -
2.2.2 指标体系构建 - 7 -
2.2.3 指标定义及数据来源 - 8 -
3 数据处理与建模 - 9 -
3.1 数据采集 - 9 -
3.2 常用模型的比较 - 10 -
3.3 建模方法的确定 - 11 -
3.4 数据处理 - 12 -
4 研究结论 - 15 -

1 人工智能概述

1.1 研究背景及意义

人工智能是一种引发诸多领域产生颠覆性变革的前沿技术。20 世纪 50 年代“人工智能”被首次提出，至今 60 多年的发展，人工智能以机器学习、深度学习为核心，在视觉、语音、通信等领域快速发展，悄然改变着人们的生活及工作方式。世界上越来越多的国家意识到了人工智能技术的重要性与颠覆性，积极地在 AI 领域深耕布局，培养 AI 领域人才，抢夺技术先机。

当前，中国明确将人工智能作为未来国家重要的发展战略，加强新一代人工智能在医疗、养老、教育等领域的研发应用。2016 年起发布《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》、《新一代人工智能发展规划》、《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020 年）》等政策文件。在此背景下，为了解现今国际上人工智能的发展现状，把握中国在人工智能竞争态势，我们选取人工智能发展前列的五个国家，调研国内外人工智能排行的研究与发展现状的基础上，对指标体系和影响力构成进行比较研究，建立指标评价体系，采集调研大量人工智能相关事实型数据，进行建模计算，开展数据挖掘与情报分析，实现量化排名。

1.2 人工智能基本知识

1.2.1 概念界定

人工智能（Artificial Intelligence，简称 AI），作为计算机学科的一个重要分支，是由 McCarthy 于 1956 年在 Dartmouth 学会上正式提出，在当前被人们称为世界三大尖端技术之一[1]。人工智能的研究范围很广，不仅包括自然语言处理、语言识别，而且还包括图像识别、专家系统以及机器人等，是一种涵盖自然科学以及社会科学的综合性学科。其研究范围并不局限于计算机的范畴，思维科学与人工智能之间属于理论与实践的关系，因此作为思维科学的一个应用分支的人工智能处于思维科学的应用层次。目前对人工智能的定义未有统一的定论，美国大学 MIT 的 Winston 教授认为“人工智能就是研究如何使计算机去做过去只

[1]邹蕾，张先锋. 人工智能及其发展应用[J]. 信息网络安全, 2012(2):11-13.

有人才能做的智能的工作[2]”。美国斯坦福大学的尼尔逊教授也曾经对人工智能概念做出界定，认为人工智能是一门专门研究如何表示、获得和利用知识的学科[3]。众多定义反映了人工智能学科的基本内容和思想，在德勤发布的最新人工智能相关报告中认为，人工智能是对计算机系统如何履行那些只有依靠人类智慧才能完成的任务的理论研究。人工智能是一门极富挑战的综合性高技术学科涉及心理学、认知科学、机器学习、计算机视觉和生物科学等多门学科综合发展的技术型学科。

1.2.2 发展历史

20 世纪 50 年代“人工智能”被首次提出，约翰•麦卡锡与另一位人工智能先驱马文•明斯基以及“信息论”创始人克劳德•香农一道作为发起人，邀请专家学者在达特茅斯学院共同讨论人工智能。为了解释智能的相关原理，研究者们相继对问题求解、博弈、定理证明、程学设计等领域的可能性进行了深入的研究。而正如社会发展的规律一样，一件新鲜事物的出现也必将经历它的低潮期，在接下来的十多年里，人工智能也不可避免的进入了自己的低谷期。20 世纪 80 年到中期开始，有关人工神经元网络的研究取得了突破性的进展才带领人工智能走进全新的发展领域里。 Rumelhart 提出了反向传播（back propagation- BP）学习算法，解决了多层人工神经元网络的学习问题，掀起了新的人工神经元网络的研究热潮，人工智能广泛应用于模式识别、故障诊断、预测和智能控制等多个领域。从 1987 年开始 Apple 和 IBM 公司生产的个人电脑性能不断提升。这些计算机没有用到 AI 技术但性能上却超过了价格昂贵的 LISP 机。人工智能硬件的市场急剧萎缩，科研经费随之又被削减，AI 经历了第二次寒冬。

1997 年 5 月，IBM 公司研制的“深蓝”计算机，以 3.5：2.5 的比分，首次在正是比赛中战胜了国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫，在世界范围内引起了轰动。这标志着在某些领域，人工智能系统可以达到人类的最高上水平。21 世纪初，随着大数据、高性能计算和深度学习技术的大幅提升，人工智能进入了新一轮的快速发展阶段，迎来了第三次浪潮。2016 年，谷歌的 AlphaGo 战胜世界围棋冠军李世石，2017 年 4 月，AlphaGo 向柯洁等中国棋手再下战书，人工智能进入快速发展阶段。

[2]胡勤. 人工智能概述[J]. 电脑知识与技术, 2010, 06(13):3507-3509.
[3]宝达理. 人工智能引发的问题研究[D]. 北京交通大学, 2018.

1.3 人工智能评价现状

1.3.1 人工智能国家战略调研

中国、美国、英国、日本、德国均发布了人工智能专项战略或规划

1）中国

我国非常重视人工智能的发展。2015 年，国务院将人工智能作为国家“互联网 +”战略中十一个具体行动之一，提出要“加快人工智能核心技术突破，培育发展人工智能新兴产业，推进智能产品创新，提升终端产品智能化水平”。2016 年，国家发改委、科技部、工信部、中央网信办联合发布了《“互联网 +”人工智能三年行动实施方案》，这是我国首次单独为人工智能发展提出具体的策略方案，也是对 2015 年发布的“互联网 +”战略中人工智能部分内容的具体落实。2017 年 7 月，国务院印发了《新一代人工智能发展规划》（简称《规划》），明确将人工智能作为未来国家重要的发展战略，对完善中国人工智能领域研究布局、部署构筑我国人工智能发展先发优势等目标和任务提出了指导意见。2017 年 12 月，工业和信息化部印发了《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020 年）》（简称《计划》），旨在落实《新一代人工智能发展规划》，深入实施“中国制造 2025”，抓住历史机遇，突破重点领域，促进人工智能产业发展，提升制造业智能化水平，推动人工智能和实体经济深度融合。2018 年 4 月，教育部出台《高等学校人工智能创新行动计划》，从“优化高校人工智能科技创新体系”“完善人工智能领域人才培养体系”和“推动高校人工智能领域科技成果转化与示范应用”三个方面提出 18 条重点任务，着力推动高校人工智能创新。

2）美国

2016 年 10 月，美国白宫接连发布了三份人工智能发展报告，分别是：《为未来人工智能做好准备》、《美国国家人工智能研究与发展策略规划》、《人工智能、自动化及经济》，美国国家科学技术委员会发布《国家人工智能研究与发展战略规划》，这是人工智能第三次浪潮以来较为全面的一份国家层面的战略规划，该规划提出了涵盖基础理论、技术应用、国家安全、伦理道德和社会影响等各个方面未来七大人工智能研发战略，阐述了利用人工智能实现未来愿景，包括促进经济发展（在制造业、物流、金融、交通以及通信等领域）、改善教育机会和生活质量（包括教育、医学以及法律等）、增强国家和国土安全水平（包括执法、安全以及预测等）。

3）英国

2016 年 12 月，英国科学办公室发布《人工智能对未来决策的机会和影响》，报告阐述了人工智能的基本概念和应用现状，分析了人工智能应用将给英国政府和社会带来的益处，重点关注人工智能对个人隐私、就业以及政府决策可能带来的影响。同年，英国下议院科学和技术委员会发布《机器人技术和人工智能》，报告从人工智能给社会带来的影响、英国如何充分利用自身优势、把握产业发展过程中的机遇等角度展开，确定了一份包括资金、领导者以及技术 3 个方面的 RAS（Robotics and Autonomous Systems）2020 行动计划。2018 年 4 月，英国政府发布《产业战略：人工智能领域行动》政策文件，针对去年 11 月发布的《产业战略》中提及的“人工智能与数据经济”挑战，就想法、人民、基础设施、商业环境、地区 5 个生产力基础领域制定了具体的行动措施，以确保英国在人工智能行业的领先地位。

4）日本

2016 年 1 月，日本政府颁布《第 5 期科学技术基本计划》，提出了超智能社会 5.0 战略将人工智能作为实现超智能社会 5.0 的核心。2016 年 7 月，日本总务省发布《日本下一代人工智能促进战略》[4]，在工作层面明确了由总务省、文部科学省和经济产业省在技术研发方面的三省合作体制。其中，日本总务省下设信息通信技术研究所，负责大脑通讯、语音识别、社会知识解析等，构建信息通信技术的整合性平台。文部科学省下设利化学研究所，负责基础研究、革新技术、人才培养等，构建科学技术研究及相关活动平台。经济产业省则下设产业技术综合研究所，负责应用研究、完善通用基础技术、标准化等，打造链接基础研究和社会应用的中心。2017 年 3 月，日本学术振兴会发布《人工智能产业化路线图》，主要分三个阶段，以期通过人工智能的运用，实现生产、流通、医疗与护理等领域效率的大幅提高。2018 年 6 月，日本内阁在未来投资会议中，主席安倍晋三首相总结了成长战略“未来投资战略 2018”的草案，提出随着老龄化的发展，在需求扩大的医疗和看护领域推进 IT 和人工智能（AI）等的开发和导入，提高生产率是关键。

5）德国

德国于 2016 年 3 月发布《数字战略 2025》，在国家战略层面明确了德国制造转型和构建未来数字社会的思路，以及未来数字化必备的工具。作为面向未来十年的数字经济转型的指导，该战略提出了十个行动步骤：构建千兆光纤网络；开拓新的创业时代，支持初创企业发展；建立投资及创新领域监管框架；在基础设施领域推进智能互联以加速经济发展；加

[4]http://finance.sina.com.cn/roll/2018-09-15/doc-ihkahyhx2310648.shtml

强数据安全安全，保障数据主权；促进中小企业、手工业和服务业商业模式数字化转型；帮助德国企业推行工业 4.0；注重科研创新，数字技术发展达到顶尖水平；实现数字化教育培训；成立联邦数字机构。2016 年德国联邦经济和能源部发布创新报告《智能服务世界》，旨在通过具体的应用实例展示数字化变革为德国经济和社会带来的机遇和优势，改善数字化变革的社会环境。开始的“智能服务世界Ⅰ”在计划初期资助了 16 个项目，后又增加 4 个。这些项目都是在智能、互联的技术系统基础之上，对所收集数据开发了新的应用形式，提供更多的智能服务，鉴于第一期计划的良好成效，于 2016 年 11 月推出“智能服务世界Ⅱ”，两份报告介绍了集中资助项目主要分布于四个应用领域：汽车、美好生活、智能生产、跨行业科技。2018 年 7 月 18 日，德国联邦政府内阁通过了题为《联邦政府人工智能战略要点》的文件，希望通过实施这一纲要性文件，将该国对人工智能的研发和应用提升到全球领先水平。

1.3.2 国内外人工智能报告调研

1、CS RANKINGS

由 MIT 计算机与信息科学学院教授 Emery Berger 持续更新发布的全球院校计算机科学领域实力的一项排名。该排名不仅对计算机科学领域（Computer Science）进行总体排名，对其中包含的人工智能（Artificial Intelligence）、计算机系统（Systems）、计算机理论（Theory）、跨学科领域（Interdisciplinary Areas）等五个具体的板块进行了单独的排名。其中 AI 板块主要包括计算机视觉（Computer Vision）、机器学习和数据挖掘（Machine Learning &Data Mining）、自然语言处理（Natural Language Processing）、网络和信息检索（The Web &Information Retrieval）四部分组成。

2、乌镇智库

《乌镇指数：全球人工智能发展报告（2017）》基于海量数据，描绘出人工智能全球发展的最新趋势，展示出各国在人工智能领域的竞争态势，也清晰地体现了中国各地的发展情况。该报告对全球人工智能新格局进行了全面而深入的分析，研究成果涵盖了全球人工智能专利分布情况、中美人工智能实力对比、中印人工智能实力对比等内容。

3、领英全球 AI 领域人才报告

全球最大的职场社交平台 LinkedIn（领英）发布了业内首份《全球 AI 领域人才报告》，基于领英全球 5 亿高端人才大数据，对全球 AI 领域核心技术人才的现状、流动趋势和供需

情况做了一系列深入分析，重要发现包括 AI 人才分布、华人 AI 力量、中美 AI 人才对比等。报告涵盖世界六大洲数百个国家及地区，基于领英全球五亿人才大数据，深度探究全球人工智能领域人才现状。涵盖全球人工智能领域技术人才地图、人工智能领域华人力量崛起、海外人工智能精英回流已成为趋势、企业高校间人才流动状况和中美人工智能领域人才格局对比。

4、G20 国家科技竞争格局之辩-人工智能专题

该报告由中国科学院文献情报中心和科睿唯安联合发布，以全球重要经济体集团—20 国集团（简称“G20”）为研究对象，基于 Web of Science 数据库以及网络开放数据和资料，聚焦 G20 国家的科研产出规模、学术影响力、领域分布、国际合作、规划布局等科技发展态势，研究各国总体及人工智能领域的科研表现力和技术创新力揭示了中国在 G20 国家科技竞争格局中所处的地位及面临的挑战。

5、2018 世界人工智能产业发展蓝皮书

2018 年 9 月中国信息通信研究院联合分析咨询机构 Gartner 联合发布，该蓝皮书主要由五个部分组成：产业发展环境、技术环境、全球人工智能企业情况、全球投融资情况、产业发展情况，对全球人工智能的产业发展情况及技术路线趋势进行全面深度分析；蓝皮书中绘制全球 AI 产业地图，从产业链地图、产业发布地图、产业研究机构与配套政策等多角度进行绘制，对全球人工智能产业进行系统分析。

2 人工智能评价指标体系

2.1 评价原则

评价研究的核心是确定评价指标体系，指标体系是否科学、合理，直接关系到评价结果的客观性与准确性。本项目组完全基于公开数据进行定量评价，以保证评价的客观性。基于此认识，制订以下原则：

数据公开。所有指标数据来源对外公布的数据，任何人均可从公开检索平台获取。

面向世界。评价指标基于各国的共同特性作出评价。

评价透明。评价过程公开透明。

计算可重复。基于指标数据得出的结果可重复，可检验。

2.2 指标体系

2.2.1 指标体系调研与比较

由表 1 可知，目前各人工智能报告评价体系主要分两类，一类是以完全客观指标进行评价，主要有 CS RANKINGS、乌镇智库、领英 AI 领域人才报告等，其中 CS RANKINGS 和领英 AI 领域人才报告客观指标均较单一，乌镇智库包含新增企业数量、融资、专利量等；一类混合采用客观数量指标和主观分析方法，以 G20 人工智能专题报告为代表。课题组通过对已有人工智能排行榜指标体系进行梳理，调研发现各大排行榜中指标主要包括论文、专利和人员等，但均未将人工智能所属的学科排名和高端人才数量纳入指标，学科排名能够直接反映机构在该学科综合研究实力，高端人才则是领域发展的核心，因此课题组将这两项指标纳入评价体系。

表 1 各排行榜主客观指标统计

排行榜名称	客观指标	主观指标	评价方法
CS RANKINGS	论文	/	客观数量
乌镇智库	新增企业数量、融资、专利量	/	客观数量
领英全球 AI 领域人才报告	人才数量	/	客观数量
G20 人工智能专题报告	论文、专利、经费、机构、人员	人工智能相关的战略、规划或重大计划、产业布局	客观数量+主观分析

2.2.2 指标体系构建

课题组经过对上述排行榜指标体系对比分析，并结合指标评价原则，初步提出了自己的智库评价指标体系（表 2），包括 6 个一级指标，21 个二级指标。

一级指标分为六大模块：论文、专利、学科排名、顶尖专家、资金和产业。

表 2 指标体系

序号	一级指标	二级指标
1	论文	总量-WoS
2		总被引-WoS
3		篇均被引-WoS
4		总量-会议论文
5		总被引-会议论文
6		篇均被引-会议论文
7		TOP 刊发文
8	专利	总量
9	学科排名	总量
10		TOP10 数量
11		TOP50 数量
12		TOP100 数量
13	顶尖专家	IEEE FELLOW
14		ACM Fellow
15		图灵奖
16		TOP1000 人工智能专家数量
17		TOP1000 人工智能专家学者影响力（总被引）
18		TOP1000 人工智能专家学者影响力（篇均被引）
19	资金	人工智能领域国家经费总数
20	产业	公司市值或估值
21		人工智能产业产值

2.2.3 指标定义及数据来源

经过多轮修正，课题组基本确立了可行的评价指标体系，所有指标均由客观指标构成。指标由两级指标构成，其中 6 个一级指标下共设置了 21 个二级指标，各指标说明如下：

1）论文：论文是基础研究产出的直接体现，是衡量基础研究实力的重要依据。选取中国计算机学会推荐的人工智能领域的国际学术会议和期刊发文，设置总量、总被引、篇均被引、TOP 刊发文等指标。

2）专利：专利是技术研发产出的直接体现，是揭示技术研发实力的重要依据。设置专利总量指标作为衡量国家人工智能技术研发实力的重要指标。

3）学科排名：学科排名能够直接反映学科的研究实力，现并未有独立的人工智能学科，因此选取 USNEWS、ARWU、QS、THE、ESI 五个主流排行榜中的计算机学科排行，将进

入计算机排行榜的机构数据作为衡量研究实力的重要指标，分别设置了总量、TOP10 数量、TOP50 数量、TOP100 数量。

4）人工智能领域国家经费：国家经费是资源投入的直接体现。以美国 NSF、英国 RCUK、欧盟 ERC、日本 KAKENHI、中国 NSFC 五大项目库为数据来源，检索各国资助的人工智能项目，获取人工智能领域国家经费。

5）顶尖专家：人工智能领域人才是人工智能发展的核心。选取国际认可的人工智能领域专家人才，包括 IEEE FELLOW、ACM FELLOW、图灵奖、学术网站 Guide2Research 人工智能领域的前 1000 名专家数量以及专家影响力。

6）公司市值或估值：从 CB Insights2017 AI 100 榜单中选取每个国家 AI 公司市值或估值数据。

7）人工智能产业产值：从 IDC 人工智能产业研究报告中获取每个国家人工智能产业产值数据。国际数据公司（IDC）是全球著名的信息技术、电信行业和消费科技咨询、顾问和活动服务专业提供商。

3 数据处理与建模

3.1 数据采集

指标数据获取过程中，主要注重数据的公开、客观、真实、可获得性。通过检索论文数据库、专利数据库、排行榜等公开途径，获得了用于计算榜单排名的大量客观事实数据。

1）论文数据库：期刊论文数据库是获取人工智能基础研究产出的主要获取途径。本项目组采用了 WoS 数据库作为论文指标获取来源，包括总量、总被引、篇均被引、TOP 刊发文四个指标数据。

2）专利数据库：来自 OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017 THE DIGITAL TRANSFORMATION 报告中以下机构的专利（欧专局、日本专利特许厅、韩国知识产权局、中国知识产权局、美国专利局），获取每个国际人工智能的专利总量指标数据。

3）学科排行榜：分别从 USNEWS、ARWU、QS、THE、ESI 五个主流排行榜官网中获取计算机学科排行数据，包括各国进入排行榜的机构总量、TOP10 数量、TOP50 数量、TOP100 数量。

4）人工智能领域国家经费：以美国 NSF、英国 RCUK、欧盟 ERC、日本 KAKENHI、

中国 NSFC 五大项目库为数据来源，检索各国资助的人工智能项目。

5）顶尖专家网站：分别从 IEEE FELLOW、ACM FELLOW、图灵奖、学术网站 Guide2Research 四个国际人才专家网站上，获取顶尖专家数据，包括 2009-2018 年 IEEE FELLOW 总量、2008-2017 年 ACM FELLOW 总量、2008-2017 年图灵奖专家总量、学术网站 Guide2Researc 人工智能领域的前 1000 名专家数量以及专家影响力。

6）引用其他报告数据：公司市值或估值、人工智能产业产值指标数据引用已有人工智能报告，其中公司市值或估值引用 CB Insights2017 AI 100 榜单；人工智能产业产值引用 IDC 人工智能产业研究报告。

3.2 常用模型的比较

常用的数据建模方法根据其应用领域的不同，可大致分为数学规划、现代优化算法（禁忌搜索算法，模拟退火算法，遗传算法）、图论法、数据拟合法、聚类分析法、判别分析、回归分析法等几类建模方法。

（1）数学规划与现代优化算法

数学规划与现代优化算法主要用于解决在给定约束条件上的一些数学问题、公式的求解过程中解决空间搜索的问题，其目标是如何快速的给出最优或局部最优解。

（2）图论法

图论是数学的一个分支,它部分地属于拓扑学，而在题材和证明方法上更接近于组合分析。主要解决一些可以抽象为图的数学问题的建模，具体而言，是将现实中的问题规约到图的问题进行求解，这些问题包括最短路径问题、最小生成树问题、图的匹配问题、图的遍历性问题等。

（3）数据拟合法

数据拟合法即拟合与插值方法，指给出一批数据点，确定满足特定要求的曲线或者曲面，从而反映对象整体的变化趋势。

（4）聚类分析法

聚类分析法主要解决数据的分类问题，它利用样本或者变量之间存在程度不同的相似性，要求设法找出一些能够度量它们之间相似程度的统计量作为分类的依据，再利用这些量将样本或者变量进行分类。

（5）判别分析法

判别分析法主要研究在已知对象分成若干类型，并已取得各种类型的一批已知样品的观测数据，在此基础上根据某些准则建立判别式，然后对未知类型的样品进行判别分类。

（6）回归分析法

回归分析法是用来研究某个变量关于另一些变量的具体依赖关系的计算方法。主要内容是从一组样本数据出发，确定变量之间的数学关系式，并对这些关系式的可信程度进行各种统计检验，从影响某一特定变量的诸多变量中找出哪些变量的影响显著，哪些不显著。利用所求的关系式，根据一个或几个变量的取值来预测或控制另一个特定变量的取值，并给出这种预测或控制的精确程度。

（7）线性加权法

线性加权法（Linear Weighted Sum Method）是一种评价函数方法，是按各目标的重要性赋予它相应的权系数，然后对其线性组合进行寻优的求解多目标规划问题的方法。

3.3 建模方法的确定

综上所述，以上建模方法都有其各自的适用场合和条件限定，比如图论法适用于可以抽象为图的数学问题的建模，而回归分析法需要更多的历年数据进行统计训练且数据满足以下条件：①自变量与因变量呈直线关系；②因变量之间独立；③残差服从正态分布；④方差齐性。

因此，根据建模的目的，课题组认为线性加权法基本符合本项目建模的需要。即本项目所关心的建模问题可以转换为一个数学上的评价得分问题。具体而言，根据评价规则直接确定评价指标的得分情况，即各机构主体指标的得分为其所对应的指标得分乘以各对应指标的权重系数，然后将乘得的结果相加就得到该机构指标的分值。

线性加权法适用于各评价指标间相互独立的场合，此时各评价指标对综合评价水平的贡献彼此是没有什么影响的。由采用“和”的形式，其现实关系应是“部分之和等于总体”，若各评价指标间不独立，“和”的结果必然是信息的重复，也就难以反映客观实际。本课题组中的各指标数据间符合相互独立的条件，故适用线性加权法。

线性加权法对评价对象的总评价目标进行评价，依其大小来确定评价对象的优劣。该方法能够使复杂的问题系统化、数学化和模型化，将以人的主观判断为主的定性分析定量化。将各种判断要素之间的差异数值化，帮助人们保持思维过程的一致性。

线性加权法可使各评价指标间得以线性地补偿。即某些指标值的下降，可以由另一些指

标值的上升来补偿，任一指标值的增加都会导致综合评价值的上升，任一指标值的减少都可用另一些指标值的相应增量来维持综合评价水平的不变。线性加权法中权重系数的作用比在其他“合成”法中更明显，且突出了指标值或指标权重较大者的作用。线性加权法对于（无量纲的）指标数据没有什么特定的要求，容易计算，便于推广普及。

3.4 数据处理

按照五国人工智能影响力评价指标（表 3）获取数据后[5]，汇总整理成总表后进行进一步的处理。

表 3 五国人工智能影响力评价指标

序号	一级指标	二级指标
1	论文	总量-WoS
2		总被引-WoS
3		篇均被引-WoS
4		总量-会议论文
5		总被引-会议论文
6		篇均被引-会议论文
7		TOP 刊发文
8	专利	总量
9	学科排名	总量
10		TOP10 数量
11		TOP50 数量
12		TOP100 数量
13	顶尖专家	IEEE FELLOW
14		ACM Fellow
15		图灵奖
16		TOP1000 人工智能专家数量
17		TOP1000 人工智能专家学者影响力（总被引）
18		TOP1000 人工智能专家学者影响力（篇均被引）
19	资金	人工智能领域国家经费总数
20	产业	公司市值或估值
21		人工智能产业产值

1) 归一化处理方法

[5]德国的“人工智能领域国家经费”数据无法获取，此处根据德国与欧盟的产业规模占比，来估算该指标的数据。

由于涉及到对指标数值的直接线性求和，而不同指标之间的量纲是不同的，因此需要首先对指标数据进行归一化处理。比如同是“顶尖专家”一级指标下的“图灵奖”和“TOP1000人工智能专家学者影响力（总被引）”两个指标，却存在着个位数数量级和百千万位数数量级的差别，所以不能绝对地比较出高低差异。归一化的目的是消去单位，将这些变量变成无量纲的变量，从而便于指标间进行相互比较。

指标的归一化步骤如下：对于变量$x_{i,j}$首先减去该类型变量的均值$\overline{x_j}$，这个过程叫做居中化，让后再除以该类型变量的居中化后的标准差，由于标准差的量纲与居中化以后变量的量纲相同，因此经过归一化处理后的变量是无量纲的。具体计算公式如下：对于每个智库 i 的指标 j，$x_{i,j}$，其归一化函数为$f\left(x_{i,j}\right)=\frac{x_{i,j}-\overline{x_j}}{\sqrt{\frac{\sum\left(x_{i,j}-\overline{x_j}\right)^2}{N_i}}}$，其中$N_i$是智库的个数，$\overline{x_j}$是指标 j 的均值。

2) 对数变换

对数变换是数据变换的一种常用方式，数据变换的目的在于使数据的呈现方式接近我们所希望的前提假设，从而更好的进行统计推断。而引入对数变换是为了平滑数据，消除数量级相差很大的情况[6]。

3) 权重分析

权重作为评价中的关键部分，其合理性很大程度决定了评价结果的合理性。本项目采用变量归一化以后的均标准差来作为衡量每个变量重要性的参数。在统计分析中，变量间的离散程度在一定程度上放映了该变量的重要性。举一个例子，如果研究者需要研究先天（遗传）因素和后天（环境）因素对于人智力发育的影响，那么如果研究对象的后天环境差异很大，即有人在贫民窟中成长，而有人在贵族学校上学，那么我们会发现影响智力发育的大部分差异可以从后天因素中得到解释，而先天的作用就相对较小；相反的，如果所有研究对象都是在一个相差不大的后天环境中长大的，那么显而易见的，先天因素（遗传）会解释大部分的智力差异。即一个变量的重要性与波动程度有关系：如果其波动程度较大，那么就会显得较为重要；否则，就显得不太重要。

本项目采用的变量归一化以后的均标准差便是基于此原理。变量归一化以后的均标准差

[6]由于引入对数计算，要求指标数据大于或等于 1，所以日本和德国的“TOP10”数据和中国、日本、德国的“图灵奖”数据以及德国的“公司市值或估值”数据均取为 1，其经过 Log 计算后值依然为 0。

的计算公式为：指标 j 的各指标内权重，即二级指标权重$\gamma_j = \frac{\sum|f(x_{i,j})|}{N_i}$。

4) 线性加权评分

基于归一化以后的指标值，再采取线性加权的方法来评估各国人工智能的综合影响力，具体而言，针对国家 i，其综合影响力水平得分=$\beta_1 f(x_{i,1}) + \beta_2 f(x_{i,2}) + \cdots + \beta_J f(x_{i,J})$，其中 J 为指标总个数。

考虑到指标之间的区间差异，根据专家意见，按照一级指标权重初次分配为："论文"权重为 20，"专利"权重为 10，"学科排名"权重为 15，"顶尖专家"权重为 15，"资金"权重为 15，产业权重为,25，总权重为 100（无量纲）分配给各指标，其中详见表 4。

表 4 权重分配表

	论文得分	专利	学科排名	顶尖专家	资金	产业
权重值	20	10	15	15	15	25

按照以上数据处理方法和表 4 的权重分配，计算得到各指标的分项目得分和总得分如图 3 所示。

表 5 五国人工智能影响力排行榜

	论文	**专利**	**学科排名**	**顶尖专家**	**资金**	**产业**	**总得分**
美国	16.92	8.27	11.69	11.76	13.01	21.84	83.49
中国	15.76	7.84	8.39	6.20	11.28	21.25	70.71
英国	15.03	6.40	7.56	6.93	12.53	19.19	67.64
日本	13.04	8.68	2.48	4.30	11.26	18.84	58.61
德国	14.50	6.96	4.64	5.47	12.77	8.71	53.05

4 研究结论

本课题组在参考国内外人工智能排行榜评价指标体系的基础上，依据指标评价原则，设置 6 个一级指标（21 个二级指标），基于公开客观数据进行定量评价，以求提供一个合理、客观、透明的人工智能排行榜。研究发现五国中美国综合得分最高（83.49）；中国排名第二，综合得分 70.71，约为美国的 85%；英国紧随其后排名第三，日本排名第四，德国综合得分最低（53.05）。

本项目目前只是在人工智能领域指标量化评价方面进行了一些探索，寻求一些可行的方法并实现了初步的分析。但是课题组也必须说明，在数据采集过程中还是有许多不可克服的困难，有些可以通过建模运算作一定补缺，有些却难以实现，例如由于人工智能在各大学科排行榜中均未设置人工智能学科排行榜，因此本课题组采集计算机学科排名数据，这在一定程度上影响到建模计算，最后评估的结果也必然存在一定的误差。

浙江大学
1897
ZHEJIANG UNIVERSITY