加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设
全国地震重点监视防御区公共服务 试点 工作通讯

2020 年第 16 期（总第 17 期） 2020 年 11 月 16 日

人工智能研究进展分析报告（2017-2020）

■ 中国科学技术信息研究所

地震数值预测研究和传统方法评估试点项目
地震监测站网评估试点项目
人工智能地震监测分析系统完善与应用
地震危险区精细调查和地震现场综合科学考察试点项目
预报员访学试点项目
地震信息专题图试点

地震重点监视防御区公共服务试点

中国地震局地震预测研究所

加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设
全国地震重点监视防御区公共服务 试点 工作通讯

2020 年第 16 期（总第 17 期） 2020 年 11 月 16 日

人工智能研究进展分析报告（2017-2020）*

■ 中国科学技术信息研究所

摘要

人工智能是研究、开发用于模拟、扩展人的智能的一门新的技术科学，由人工智能理论、方法、技术及应用系统等几部分组成。它是在计算机、控制论、信息论、数学、心理学等多种学科相互融合的基础上发展起来的一门交叉学科。自 1956 年被首次提出以来，期间几经起落，在经历了 60 年的发展后进入爆发式增长期，特别是在移动互联网、大数据、超级计算、物联网、脑科学等新理论新技术以及经济社会发展强烈需求的共同驱动下，人工智能在强化学习、深度学习、机器学习等方向取得了巨大进步，形成了智能机器人、语言识别、模式识别、图像识别、专家系统、自然语言处理等诸多研究方向，使人工智能呈现了多元化的发展态势。历经几十年的发展，人工智能已成为未来科技界最值得关注的研究领域之一，得到了全世界各行各业的广泛关注，在理论和应用方面取得很多进展。本报告在梳理人工智能相关的概念、重点领域、产业链结构及主要应用的基础上，对 2017-2020 年间的会议论、期刊论文和专利信息进行计量分析和主题挖掘，以揭示人工智能在近几年的相关研究进展，为相关研究人员提供借鉴参考。

1. 前言

人工智能（Artificial Intelligence，AI）一词最初是由约翰·麦卡锡等人在 1956 年的人工智能达特茅斯夏季研究项目中提出[1]，至今已有 60 多年历史。人工智能是研究、开发用于模拟、扩展人的智能的一门新的技术科学，由人工智能理论、方法、技术及应用系统等几部分组成。它是在计算机、控制论、信息论、数学、心理学等多种学科相互融合的基础上发展起来的一门交叉学科。自 1956 年被首次提出以来，期间几经起落，在经历了 60 年的发展后进入爆发式增长期，特别是在移动互联网、大数据、超级计算、物联网、脑科学等新理论新技术以及经济社会发展强烈需求的共同驱动下，人工智能在强化学习、深度学习、机器学习等方向取得了巨大进步，形成了智能机器人、语言识别、模式识别、图像识别、专家系统、自然语言处理等诸多研究方向，使人工智能呈现了多元化的发展态势。

作为新一轮产业变革的核心驱动力，从世界主要大国纷纷在人工智能领域出台国家战略以抢占人工智能时代制高点的国际环境来看，人工智能将进一步释放历次科技革命和产业变革积蓄的巨大能量，催生出智能化的新技术、新产品、新产业、新业态、新模式。在互联网和大数据的不断推进下，这一个已诞生 62 年的概念，将改变着人们的日常生活，将提升社会劳动生产率，特别是在有效降低劳动成本、优化产品和服务、创造新市场和就业等方面为人类的生产和生

* 支撑新时代防震减灾事业现代化建设试点任务之三“人工智能地震监测分析系统完善与应用”成果。

活带来革命性的转变。据 Sage 预测，到 2030 年人工智能的出现将为全球 GDP 带来额外 14% 的提升，相当于 15.7 万亿美元的增长。全球范围内越来越多的政府和企业组织逐渐认识到人工智能在经济和战略上的重要性，并从国家战略和商业活动上涉足人工智能[2]。

历经几十年的发展，人工智能已成为未来科技界最值得关注的研究领域之一，得到了全世界各行各业的广泛关注，在理论和应用方面取得很多进展。本报告在梳理人工智能相关的概念、重点领域、产业链结构及主要应用的基础上，对 2017-2020 年间的会议论、期刊论文和专利信息进行计量分析和主题挖掘，以揭示人工智能在近几年的相关研究进展，为相关研究人员提供借鉴参考。

2. 人工智能概述

在 1956 年最初被提出时，人工智能被定义为“制造智能机器的科学与工程”。此后，一直不断被人诠释，至今并未形成一个统一的界定。Russell[3] 在其书《人工智能：一个现代方法》（《AI：A modern approach》）中系统归纳了人工智能的各种定义，他给将其分为四类：类人思考（Thinking Humanly）、类人行动（Acting Humanly）、理性思考（Thinking Rationally）、理性行动（Acting Rationally），从类人和理性的思考与行动两个大维度给予了解读。

2.1 重点领域

人工智能的核心问题包括建构能够跟人类似甚至超卓的推理、知识、规划、学习、交流、感知、移物、使用工具和操控机械的能力等。其发展形成了庞杂的知识体系，技术发展较为成熟的主要有如下几个领域。

2.1.1 机器学习

机器学习 (Machine Learning) 由 IBM 的 Arthur Samuel 于 1959 年提出 [4] 的，其对机器学习最初的定义是，让计算机在未经严格编程的情况下具备学习能力的领域。机器学习主要是从算法入手，使用算法来解析数据，从中学习，然后对真实世界中的事件作出决策和预测。其算法按照学习形式主要分为三类：监督学习、无监督学习和半监督学习。其中，监督学习就是训练样本数据和分类识别结果已知，其对人工神经网络的训练就是监督人工神经网络对照相应输入得到相应输出的过程；无监督学习就是只知训练样本数据而分类识别结果未知，通过训练学习让神经网络对样本进行自行认知和分类；而半监督学习介于监督学习与无监督学习之间，其通过部分已知和部分未知分类识别结果的样本数据，对神经网络进行训练，以防止神经网络的过度拟合 (Overfitting)，并促成其泛化能力 (Generalization Ability) 的考量。

机器学习能够使计算机真正迈向实现智能与思维的方向，是人工智能发展的核心技术，目前已经有了非常广泛和具体的应用，如：DNA 序列测序、证券市场分析、数据挖掘等等。

2.1.2 计算机视觉

计算机视觉是分析、研究让计算机智能化的达到类似人类的双眼“看”的一门研究科学，即对于客观存在的三维立体化的世界的理解以及识别依靠智能化的计算机去实现。确切地说，计算机视觉技术就是利用了摄像机以及电脑替代人眼使得计算机拥有人类的双眼所具有的分割、分类、识别、跟踪、判别决策等功能。总之，计算机视觉系统就是创建了能够在 2D 的平面图像或者 3D 的三维立体图像的数据中，以获取所需要的“信息”的一个完整的人工智能系统。

计算机视觉技术是一门包括了计算机科学与工程、神经生理学、物理学、信号处理、认知科学、应用数学与统计等多门科学学科的综合性科学技术。由于计算机视觉技术系统在基于高性能的计算机的基础上，其能够快速的获取大量的数据信息并且基于智能算法能够快速的进行处理信息，也易于同设计信息和加工控制信息集成。计算机视觉本身包括了诸多不同的研究方向，其主要研究方向是：通过计算机技术对采集的照片或影像进行分析，得到深层次的数据，进而通过数学的方法对其进行处理，得到照片或影像中物体的具体信息。计算机视觉技术目前已经广泛用于人脸识别、无人驾驶等领域，为人们的生活增色添彩。

2.1.3 知识工程

知识工程是将知识集成到计算机系统从而完成只有特定领域专家才能完成的复杂任务。在大数据时代，知识工程是从大数据中自动或半自动获取知识，建立基于知识的系统，以提供互联网智能知识服务。大数据对智能服务的需求，已经从单纯的搜集获取信息，转变为自动化的知识服务。我们需要利用知识工程为大数据添加语义 / 知识，使数据产生智慧（Smart Data），完成从数据到信息到知识，最终到智能应用的转变过程，从而实现对大数据的洞察、提供用户关心问题的答案、为决策提供支持、改进用户体验等目标。

知识工程在以下应用中已经凸显出越来越重要的应用价值：（1）知识融合：当前互联网大数据具有分布异构的特点，通过知识图谱可以对这些数据资源进行语义标注和链接，建立以知识为中心的资源语义集成服务；（2）语义搜索和推荐：知识图谱可以将用户搜索输入的关键词，映射为知识图谱中客观世界的概念和实体，搜索结果直接显示出满足用户需求的结构化信息内容，而不是互联网网页；（3）问答和对话系统：基于知识的问答系统将知识图谱看成一个大规模知识库，通过理解将用户的问题转化为对知识图谱的查询，直接得到用户关 心问题的答案；（4）大数据分析与决策：知识图谱通过语义链接可以帮助理解大数据，获得对大数据的洞察，提供决策支持。

2.1.4 自然语言处理

自然语言处理是指用计算机对自然语言的形、音、义等信息进行处理，即对字、词、句、篇章的输入、输出、识别、分析、理解、生成等的操作和加工。实现人机

间的信息交流，是人工智能、计算机科学和语言学所共同关注的重要问题。自然语言处理技术涉及的研究范围主要包括文本朗读、语音合成、语音识别、自动分词、词性标注、句法分析、自然语言合成、问答系统和信息抽取 [5]。可以说，自然语言处理就是要计算机理解自然语言，自然语言处理机制涉及两个流程，包括自然语言理解和自然语言生成。前者主要探究计算机是否能够理解自然语言的真正含义，后者主要探究计算机是否能根据用户的需要，生成指定含义的自然语言。因此，自然语言处理是计算机科学和语言学等学科相互结合的研究学科。目前，自然语言处理已应用于各行各业，大大减少了人工识别理解文本的时间与精力，显著提高了生产效率。

2.1.5 计算机图形学

计算机图形学是一门研究通过计算机将数据转换成图形，并在专门显示设备上显示的原理方法和技术的学科。它是建立在传统的图形学理论、应用数学及计算机科学基础上的一门边缘学科。这里的图形是指三维图形的处理。简单来讲，它的主要研究内容是研究如何在计算机中表示图形，以及利用计算机进行图形的计算处理和显示的相关原理和算法。

在计算机图形学的开创之初，他主要解决的问题是在计算机中表示三维结合图形以及如何利用计算机进行图形的生成处理和显示的相关原理和算法，目的是产生令人赏心悦目的真实感图像，这仅仅是狭义的计算机图形学。随着近些年的发展，计算机图形学的内容已经远远不止这些，广义的计算机图形学研究内容非常广泛，包括图形硬件、图形标准、图形交互技术、栅格图形生成算法、曲线曲面造型、实体造型、真实版图形的计算、显示算法、科学计算可视化、计算机动画、虚拟现实、自然景物仿真等等。

2.1.6 多媒体技术

多媒体技术就是融计算机、声音、文本、图像、动画、视频和通信等多种功能于一体的技术，它借助日益普及的高速信息网，可实现计算机的全球联网和信息资源共享，并且它给传统的计算机系统、音频和视频设备带来了方向性的变革，将对大众传媒产生深远的影响。因此多媒体将加速计算机进人家庭和社会各个方面的进程，给人们的工作、生活和娱乐带来深刻的革命。

多媒体技术涉及的内容包括: ① 多媒体数据压缩: 多模态转换、压缩编码；② 多媒体处理：音频信息处理，如音乐合成、语音识别、文字与语音相互转换；图像处理，虚拟现实；③多媒体数据存储：多媒体数据库；④多媒体数据检索：基于内容的图像检索，视频检索；⑤多媒体著作工具：多媒体同步、超媒体和超文本；⑥多媒体通信与分布式多媒体：CSCW、会议系统、VOD 和系统设计；⑦多媒体专用设备技术：多媒体专用芯片技术，多媒体专用输入输出技术；⑧多媒体应用技术：CAI 与远程教学，GIS 与数字地球、多媒体远程监控等。

2.1.7 人机交互

人机交互是人与计算机之间为完成某项任务所进行的信息交换过程，是一门研究系统与用户之间的交互关系的学问。系统可以是各种各样的机器，也可以是计算机化的系统和软件。人机交互界面通常是指用户的可见部分，用户通过人机交互界面与系统交流，并进行操作。人机交互技术是计算机用户界面设计中的重要内容之一，与认知学、人机工程学、心理学等学科领域有密切的联系。

人机交互技术的发展与国民经济发展有着直接的联系，它是使信息技术融入社会，深入群体，达到广泛应用的技术门槛。任何一种新交互技术的诞生，都会带来其新的应用人群、新的应用领域，带来巨大的社会经济效益。从企业的角度，改善人机交互能够提高员工的生产效率；学习人机交互能够降低产品的后续支持成本；从个人的角度，可以帮助用户有效地降低错误发生的概率，避免由于错误引发的损失。

在现代和未来的社会里，只要有人利用通信、计算机等信息处理技术进行社会活动时，人机交互都是永恒的主题，鉴于它对科技发展的重要性，人机交互是现代信息技术、人工智能技术研究的热门方向。

2.1.8 机器人

美国机器人协会给机器人下的定义：“一种可编程和多功能的操作机；或是为了执行不同的任务而具有可用电脑改变和可编程动作的专门系统。一般由执行机构、驱动装置、检测装置和控制系统和复杂机械等组成”。机器人是综合了机械、电子、计算机、传感器、控制技术、人工智能、仿生学等多种学科的复杂智能机械。

目前，智能机器人已成为世界各国的研究热点之一，成为衡量一国工业化水平的重要标志。机器人是自动执行工作的机器装置，因此，它既可以接受人类指挥，又可以运行预先编排的程序，也可以根据以人工智能技术制定的原则纲领行动。在当代工业中，机器人指能自动执行任务的人造机器装置，用以取代或协助人类工作，一般会是机电装置，由计算机程序或电子电路控制。

机器人在越来越多方面可以取代人类，或是在外貌、行为或认知，甚至情感上取代人类。借由模仿逼真的外观及自动化的动作，理想中的高仿真机器人是高级整合控制论、机械电子、计算机与人工智能、材料学和仿生学的产物。机器人可以作一些重复性高或是危险的，人类不愿意从事的工作，也可以做一些因为尺寸限制，人类无法作的工作，甚至是像外太空或是深海中，不适人类生存的环境。机器人技术最早应用于工业领域，但随着机器人技术的发展和各行业需求的提升在计算机技术、网络技术、MEMS 技术等新技术发展的推动下，近年来，机器人技术正从传统的工业制造领域向医疗服务、教育娱乐、勘探勘测、生物工程、救灾救援等领域迅速扩展，适应不同领域需求的机器人系统被深入研究和开发。过去几十年，机

器人技术的研究与应用，大大推动了人类的工业化和现代化进程，并逐步形成了机器人的产业链，使机器人的应用范围也日趋广泛。

2.1.9 模式识别

模式识别是人工智能的基础技术，是通过计算机用数学技术方法对物理量及其变化过程进行描述与分类的一门技术，通常用来对图像、文字、照片以及声音等信息进行识别、处理和分类。模式识别的基本方法分为统计模式识别和句法模式识别。统计模式识别首先是将被识别对象数字化，转换为适于计算机处理的数字信息。句法方法则用符号描述图像特征。将统计模式识别或句法模式识别与机器学习中的神经网络技术、支持向量机技术等或人工智能中的专家系统、不确定性推理方法相结合，衍生出了一系列当前应用广泛的热门技术，如声纹识别技术、指纹识别技术、数字水印技术等。

声纹识别是通过语音中蕴含的能表征和标志说话人特征，对说话人身份进行识别的一门技术。与语音识别提取语音中的信息不同，声纹识别是根据特征信息，对说话人的身份进行识别。声纹识别在金融安全、军事安全等方面应用广泛。

指纹识别是模式识别领域中使用最早，也是最为成熟的生物鉴定技术。指纹识别技术通过采集指纹图像，并对图像进行处理以提取不同的特征来识别独一无二的指纹。指纹识别方法分为图像统计法、纹理匹配法、细节特征法和汗孔特征法，其中，细节特征法匹配准确度高，匹配难度适中，在网络安全、金融机构、医疗机构应用广泛并且发展前景广阔。

数字水印技术是一种将特殊信息嵌入媒体数据的技术。它通常应用于数字图像、音频、视频以及其他媒体产品上以进行版权保护和验证多媒体数据的完整性。典型的数字水印方案一般由水印生成、水印嵌入和水印提取或检测三方面组成。数字水印技术可以应用于数据库安全和文本文档安全，在大数据时代，数字水印在数据安全和网络安全方面起着不可或缺的作用，对保护人们的隐私信息尤为重要。

2.2. 产业链结构

人工智能产业链包括三层：基础层、技术层和应用层：

(1) 基础层：人工智能产业的基础，主要是研发硬件及软件，如 AI 芯片、传感器、数据资源、云计算平台等，为人工智能提供数据及算力支撑。其中芯片具有极高的技术门槛，且生态搭建已基本成型。目前该层级的主要贡献者是 Nvidia、Mobileye 和英特尔在内的国际科技巨头。中国在基础层的实力相对薄弱。

(2) 技术层：人工智能产业的核心，以模拟人的智能相关特征为出发点，构建技术路径；主要解决具体类别问题。这一层级主要依托运算平台和数据资源进行海量识别训练和机器学习建模，开发面向不同领域的应用技术，包括语音识别、自然语言处理、计算机视觉和机器学习技术。科技巨头谷歌、IBM、亚马逊、苹果、阿里、百度都在该层级深度布局。中国人工智能技术层在近年发展迅速，目前发展主要聚焦于计算机视觉、语音识别和语言技术处理领域。除了 BAT 在内的科技企业之外，出现了如商汤、旷视、科大讯飞等诸多独角兽公司。

(3) 应用层：人工智能产业的延伸，集成一类或多类人工智能基础应用技术，面向特定应用场景需求而形成软硬件产品或解决方案。应用层企业将人工智能技术集成到自己的产品和服务，从特定行业或场景切入（金融、安防、交通、医疗、制造、机器人等）。未来，场景数据完整（信息化程度原本比较高的行业或者数据洼地行业），反哺机制清晰，追求效率动力比较强的场景或将率先实现人工智能的大规模商业化。从全球来看，Facebook、苹果将重心集中在了应用层，先后在语音识别、图像识别、智能助理等领域进行了布局。得益于人工智能的全球开源社区，这个层级的门槛相对较低。目前，应用层的企业规模和数量在中国人工智能层级分布中占比最大 [6](图 1)。

2.3 人工智能应用

在信息量不断增大、信息呈碎片化的当代，人工智能的应用也越来越受到重视。人工智能正在给各行业带来变革与重构，一方面，将人工智能技术应用到现有的产品中，可以创新产品并发展新的应用场景；另一方面，人工智能技术的发展正在颠覆传统行业，人工智能对人工的替代成为不可逆转的趋势。人工智能技术日益成熟，商业化场景逐渐落地，医疗、安防、金融等领域成为目前主要应用场景 [8]。

（1）医学领域

医疗服务与人们的利益息息相关，随着人口老龄化逐渐增加，慢性疾病增长，人们对医疗服务的需求也逐渐增强。待满足的医疗服务需求成为人工智能技术应用于医疗场景的现实需求。从全球企业实践来看，“人工智能 + 医疗”具体应用场景主要有医学影像、辅助诊疗、新药研发、可穿戴设备、急救室和医院管理、营养管理、病理学、生活方式管理和监督等。“人工智能 + 医学影像”被认为是最具发展前景的领域。医学影像临床工作具有一定的复杂性，但随着计算机技术的发展，借助人工智能技术，它已经能够进行精准的医学影像图像分析。人工智能技术在肿瘤检出、定性诊断、自动结构化报告、肿瘤提取、肿瘤放疗靶器官勾画等方面已有较多的临床研究和临床应用。另外，具有良好发展前景的领域还包括“人工智能 + 辅助诊疗”，即将人工智能技术应用于辅助诊断中，让机器学习专家的医疗知识，进一步地通过模拟医生的思维和诊断推理来解释病症原因，最后给出可靠的诊断结果和治疗方案。

（2）金融领域

人工智能在金融领域的应用主要集中在投资决策辅助、风控与智能支付 3 个方面。在投资决策辅助方面，人工智能技术将协助金融工作者从数以万计的信息中心迅速抓取有效信息，并进一步对数据进行分析，利

图 1 人工智能产业链结构[7]

用大数据分析技术、自然语义分析技术等自动准确地分析与预测市场的行情走向，从而实现信息的智能筛选与处理，辅助工作人员进行决策。在风控方面，人工智能也能帮助金融机构建立金融风控平台，进行风控管理，实现对投资项目的风险分析和决策、个人征信评级、信用卡管理等业务。在智能支付领域中，利用人工智能的人脸识别、声纹识别、虹膜识别等技术实现“刷脸支付”，“语音支付”、“虹膜支付”等。按照金融业务执行的前端、中端、后端模块来看，人工智能在金融领域的应用场景主要有智能客服、智能身份识别、智能营销、智能风控、智能投顾、智能量化交易等。

（3）安防领域

安防是针对各种安全隐患和社会安全而言的，具有持久性的特征。随着时代发展和安防领域的拓展，传统安防建设过程中频频出现如下问题，包括：安防设备和技术手段落后、安防产品和系统质量不佳、庞大系统检索困难、信息孤岛导致系统对接难度大。借助人工智能技术，积极推进安防智能化是解决上述问题的有效途径。安防行业主要与图像视频应用相关，其中最主要的研究方向有图像或视频中的对象检测和定位、基于视频的目标跟踪，以及基于图像或视频的场景分类、目标场景分析和行为识别。人工智能技术可以通过特征识别做到车牌识别、人脸识别等，通过行为分析技术可以做到人数管控、个体追踪、禁区管控、异常行为分析等。此外，实时监控系统、巡逻机器人、排爆机器人等也能应用到如运动会、国际会议等重要场合。

（4）工业领域

人工智能在工业方面的应用主要表现在工业制造、服务业和家庭生活 3 个方面。人工智能有望实现制造业从半自动化生产到全自动化生产的转变。工业以太网的建立、传感器的使用以及算法的革新将使工业制造过程中所有生产环节的数据打通，人与机器、机器与机器之间实现互联互通。一方面，人机交互比较便利；另一方面，机器之间将协作办公，既能够精细化操作，又能及时地预测产品需求并调整产能。

在服务业方面，人工智能除了供应智能设备之外，提供现场服务也是最常见的用例之一，如采用人工智能识别正确的现场服务管理资源，以便在对客户和业务都有意义的时间处理特定任务。综合考虑任务特征、现场服务人员的专业能力以及许多其他变量以确定解决方案。使用人工智能估计工作人员出行时间、任务持续时间和服务交付的其他关键组件，可使组织获得更高的效率和资源利用率。通过改进首次修复率来提高效率，从而更快地响应紧急情况。

智能家居是人工智能应用的重要领域。智能家居的目标是推进家居生活产品的智能化，包括照明系统、音响系统、能源管理系统等，实现家居产品从感知到认知再到决策的发展，更进一步的是智能家居系统的建立。搭载人工智能的多款产品都有望成为智能家居的核心，包括机器人、智能音箱、智能电视等产品。人工智能应用的实现要依赖于工业设计，还有智能产品的输出，只有当人工智能技术与产品输出进行了有效结合，才能为人工智能应用场景落地奠定基础。

3. 2017-2020 年研究进展：学术论文篇

人工智能是最新的前沿技术之一，近几年来人工智能领域研究论文数量增长迅速。为了揭示当前人工智能领域的发展态势，解读前沿热点研究问题，深入探讨该领域研究方法，本报告选取了 2017-2020 年间人工智能领域相关会议论文和期刊论文进行计量分析，并以图表和可视化方式呈现如下。

3.1 数据集构建

科学引文索引扩展版（Science Citation Index Expanded，简称 SCIE）数据库是针对科学期刊文献的多学科索引，它为跨 170 多个自然科学学科的 9,300 多种主要期刊编制了全面索引，包括从索引论文中收录的所有引用的参考文献。

科学技术会议录引文索引（Conference Proceedings Citation Index-Science，简称 CPCI-S）数据库收录了一般性会议、座谈会、研究会、讨论会、发表会等的会议文献，涉及生命科学、物理与化学科学、农业、生物和环境科学、工程技术和应用科学等多种学科 [9]。

检索策略：

（1）分类检索：选择“计算机科学 - 人工智能”（Computer Science Artificial Intelligence）学科分类进行检索；

（2）关键词检索：围绕机器学习、语音识别、计算机视觉、自然语言处理、智能系统、机器人、生物特征识别、智能设备与应用和人机交互等人工智能的核心应用领域，选取相应的关键词在标题和作者关键词字段中进行检索，并将检索结果与分类检索结果进行合并。

（3）文献类型筛选：为了确保分析内容能更好地体现领域的发展态势，本报告选择了研究论文 (Article)、综述 (Review)、会议论文 (Proceedings Paper)、编辑寄语 (Editorial Material)、预印本 (Early Access) 和研究快报 (Letter)6 种文献类型作为分析数据集。

检索时间：2020 年 9 月 20 日。

时间跨度：2017-2020 年。

检索结果：410,873 篇文献。

3.2 分析结果

3.2.1 国家 / 地区分布

随着人工智能领域得到科研人员越来越多的关注，全球众多国家 / 地区广泛的参与到人工智能领域的研究中。该领域的 41 万多篇论文涉及 196 个国家 / 地区。由表 1 可见，总发文量、第一 / 通讯作者发文量和总被引频次等多项指标中国和美国都分列第一、二位，且遥遥领先于后面的其它国家 / 地区。在排名前 10 位的国家中，有一半的国家的会议论文数量超过期刊论文数量，可见，会议是人工智能领域非常重要

的学术交流渠道，会议论文是该领域科研成果的重要体现方式。

表 1　国家 / 地区发文量和引用情况
（第一 / 通讯作者发文量 TOP10）

序号	国别	总发文量	第一 / 通讯发文量			总被引频次	篇均被引
			发文量	期刊论文	会议论文		
1	中国	124446	117600	72506	45078	528883	4.50
2	美国	74414	54961	26581	28325	304884	5.55
3	印度	29253	27264	11146	16117	60219	2.21
4	日本	17284	14062	4579	9475	28860	2.05
5	德国	18212	13585	5557	8020	47309	3.48
6	韩国	14964	13240	8602	4634	47661	3.60
7	英国	19978	11211	6275	4932	57287	5.11
8	意大利	13769	10330	5685	4642	38155	3.69
9	西班牙	12400	9047	5818	3226	33688	3.72
10	法国	13837	8828	4039	4787	26759	3.03

3.2.2 机构分布

近几年来，中国在该领域的论文产出取得了长足的发展，中国顶尖高校的人工智能论文产出在全球范围内表现十分出众。由表 2 可见，该领域第一 / 通讯作者发文量排名前 10 的机构均为中国高校，其中清华大学位列第一，哈尔滨工业大学和北京航空航天大学紧随其后。

为了更清楚地展示国外机构的论文情况，表 2 中同时给出了国外机构的 TOP10 列表以及国外机构的总体排名。值得一提的是，排名处于 35 位的斯坦福大学发表论文篇均的被引频率最高，充分表明其研究成果的影响力较高。

3.2.4 关键词共现关联图谱

图 2 展示了该领域的关键词共现关联图谱[1]。近几年该领域关键词共现聚类和研究热点可以解读为以下三个方面：

（1）机器学习和深度学习是近几年人工智能的核心研究领域，其词频相对于其它关键词来说高很多。

（2）人工智能算法研究：围绕着算法优化、分类、特征选择进行的相关研究，如图谱中展示的遗传算法、随机森林、支持向量机、深度神经网络等。

（3）人工智能的应用：从下图中还可以看到一些其它应用领域的关键词，如：脑电图（EEG）、电动汽车、机器人、FPGA、目标跟踪、人工交互等，侧面反映出人工智能在这些领域的应用也是近几年的研究热点。

表 2　国内外机构发文量和被引情况
（第一 / 通讯作者发文量 TOP10）

序号	机构名称	总发文量	第一 / 通讯作者发文			总被引频次	篇均被引
			发文量	期刊	会议		
1	清华大学	4419	3069	1566	1501	16159	5.27
2	哈尔滨工业大学	3692	2797	1790	1007	15529	5.55
3	北京航空航天大学	3483	2776	1628	1148	12779	4.60
4	上海交通大学	3476	2592	1516	1075	10339	3.99
5	浙江大学	2872	2062	1455	605	9953	4.83
6	北京理工大学	2625	2059	1167	892	8530	4.14
7	电子科技大学	2680	2048	1350	698	11807	5.77
8	西北工业大学	2638	2035	1333	702	13483	6.63
9	国防科学技术大学	2290	1944	1039	905	5339	2.75
10	北京邮电大学	2280	1921	968	953	6145	3.20
19	南洋理工大学	2627	1508	840	667	10413	6.91
20	伊朗伊斯兰阿扎德大学	1940	1468	1223	245	7204	4.91
24	卡内基 · 梅隆大学	2256	1335	337	997	7120	5.33
26	首尔大学	1551	1231	761	470	5378	4.37
30	韩国高级科技学院	1412	1171	624	547	4682	4.00
32	麻省理工学院	2203	1166	497	669	8880	7.62
35	斯坦福大学	2015	1133	557	574	12272	10.83
36	东京大学	1717	1116	448	668	3551	3.18
41	美国乔治亚理工学院	1686	974	449	525	5127	5.26
42	伊利诺伊大学	1620	962	434	528	5242	5.45

4. 2017-2020 年研究进展：发明专利篇

专利是社会鼓励发明创造、推动科技进步和经济发展的一种法律制度。作为发明创造，专利本身包含着技术创新价值，分析大量的专利数据可以很好的把握技术动态、了解技术竞争力。相较于实用新型和外观设计专利，发明专利的技术含金量和专利质量往往更高，因此本报告主要选取了发明专利进行计量分析，并以图表和可视化方式呈现如下。

4.1 数据集构建

（1）数据源

IncoPat 是一个专利信息平台，其收录并汉化了 117 个国家 / 地区 / 组织自 1782 年以来的 1.3 亿项的专利著录数据和部分 PDF 格式的说明书全文，并以每 24 小时添加 1.4 万项最新技术的速度不断增长，数据每周四次更新。IncoPat 是第一个将全球专利情报深度整合并翻译为中文，为中国的项目决策者、研发人员、知识产权管理人员提供了科技创新情报的平台，对全球数据的标题、摘要均完成汉化处理，其中，对 8 个

1　注：节点代表关键词，节点大小表示关键词出现频次，节点间的连线表示关键词共现关系。

国家 / 地区提供发明专利全文汉化翻译（包括美国、英国、法国、韩国、俄罗斯、德国、巴西、印度），对 12 个国家 / 组织 / 地区提供发明专利英文全文（包括中国（含香港、台湾地区）、美国、世界知识产权组织、日本、欧洲专利局、英国、法国、韩国、俄罗斯、德国、巴西、印度），并支持 10 种语言的小语种检索和浏览 [10]。

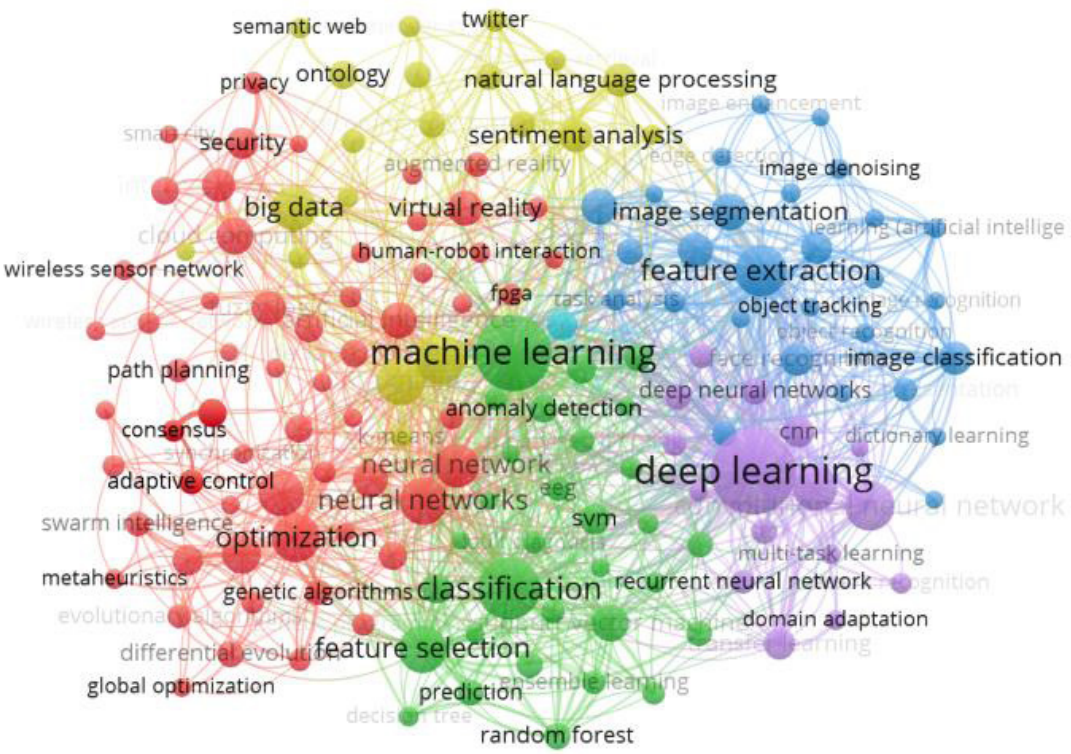

图 2 人工智能关键词共现关联图谱

（2）数据集构建

选取与论文分析中相同的关键词（机器学习、语音识别、计算机视觉、自然语言处理、智能系统、机器人、生物特征识别、智能设备与应用和人机交互等人工智能的核心领域）进行检索。

由于相同专利家族中的系列专利代表了相似的技术，为了避免重复，本报告对检索到的专利集按照 Incopat 同族进行合并，以专利家族的数量来更准确地反映领域内技术点的产出与变化情况。

检索时间：2020 年 9 月 20 日。

时间跨度：2017-2020 年（按照专利家族申请年予以限定）。

检索结果：232506 个发明专利，按照 Incopat 同族合并后，得到 185380 个专利家族。

4.2 发明专利分析结果

4.2.1 申请与授权趋势

人工智能领域全球发明专利家族的申请趋势与授权趋势如下[2]。其中，2018 年申请的发明专利家族数量最多，达 58653 个，占专利家族总量的 31.6%；2017 年的授权的专利家族数量最多，达 13544 个，占专利家族总量的 7.3%。

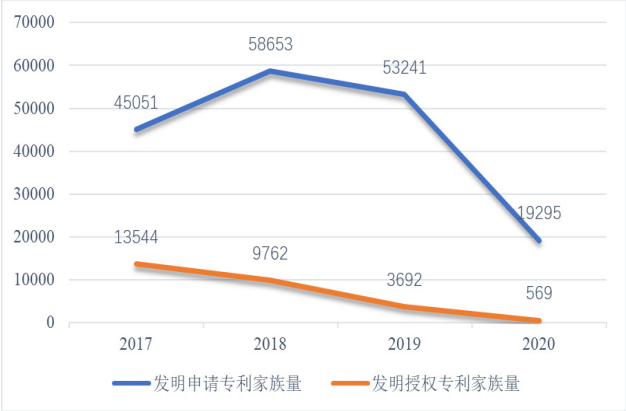

图 3 全球发明专利家族申请与授权趋势

4.2.2 全球与中国专利数量布局

从图 4 可见，中国申请的发明专利家族数量最多，2017-2020 年已达到 134722 个，遥遥领先于后面的国家 / 地区 / 组织。美国以 20222 个专利位列第二、随后的是世界知识产权组织 (8336 个)，可见中国、美国、韩国和日本是各国在全球人工智能专利技术布局中重点抢占的战略市场。

美国在 2016 年陆续推出《为人工智能的未来做好

2 因为专利从申请到公开存在的 18 个月的延迟，因此，近两年的专利家族申请数量仅供参考。

准备》《国家人工智能研究与发展战略规划》《人工智能、自动化与经济》三份重量级报告，后又在 2017 年推出《人工智能与国家安全》；日本从 2015 年到 2017 年先后发布了《机器人新战略》《日本机器人战略：愿景、战略、行动计划》和《人工智能产业化路线图》；我国则陆续推出《中国制造 2025》《中国人工智能白皮书》《机器人产业发展规划（2016-2020 年）》《新一代人工智能发展规划》和《“互联网 +”人工智能三年行动实施方案》等一系列国家战略规划、科技政策，可见各国对人工智能领域的高度重视。

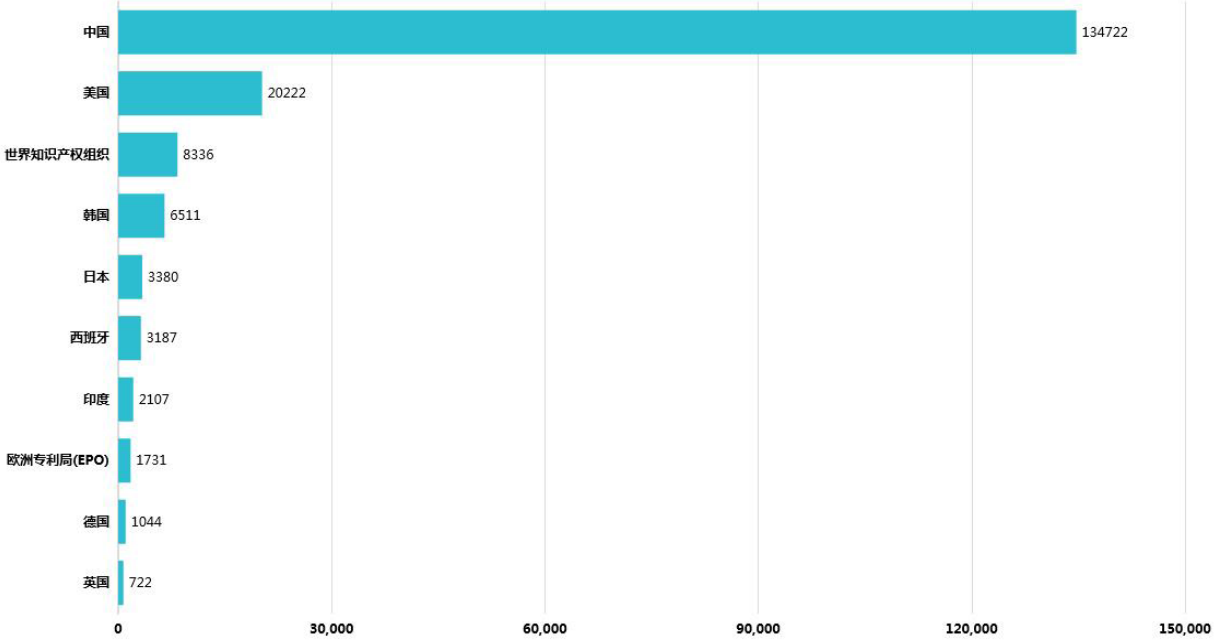

图 4 全球国家发明专利家族分布（专利数量 TOP10）

4.2.3 全球与中国机构分布

按照发明专利家族申请量来看，近 4 年在人工智能领域进行积极的专利布局的主要机构有中国国家电网（1404 个）、IBM（1054 个）、LG（1012 个）、浙江大学（989 个）、清华大学（895 个）、百度（871 个）、三星集团（868 个）等（图 5）。

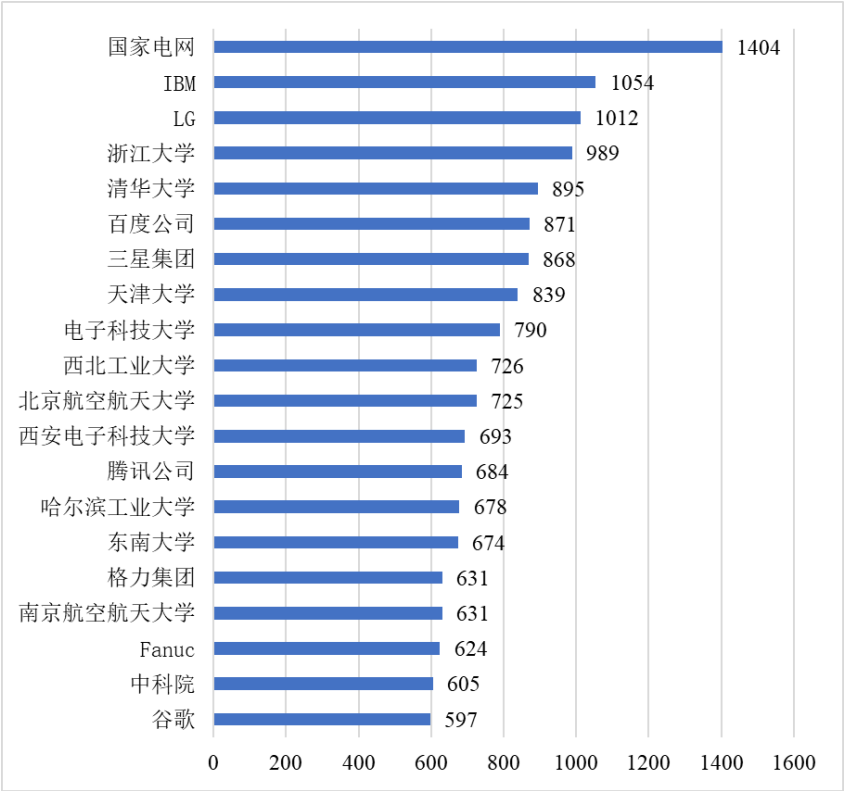

图 5 全球主要机构分布（专利数量 TOP20）

中国国家电网公司的人工智能相关发明技术主要应用在电网控制、配用电网、智能配电变压器、风电站、新能源等领域。国家电网近年来人工智能专利增长迅速的主要原因有三个：一是电网的运行和管理涉及不同类型数据的采集与分析，为图像处理、语音识别和大数据分析等人工智能技术提供了良好的场景；二是国家电网拥有庞大的资金全生命周期数据、丰富的用户数据，以及电网广域多时间尺度运行数据，并且完成了数字化和信息化改造，电网的调度控制在很大程度上实现了自动化，这就为电网运行管理的进一步智能化创造了良好的条件；三是国家电网公司有着指向明确的项目管理制度，人工智能方向的项目具有严格的定量化项目成果考核指标。

4.2.4 IPC 技术领域分布

IPC 是按照专利文献的技术主题进行分类的体系，通过分析不同技术分支内专利家族数量的分布情况，来发现领域中较为重要的技术分支。

在人工智能领域中，G06N、G06K、B25J 这三个 IPC 小类拥有的发明专利家族申请数量最多，分别为 28119 个、27083 个、24959 个，占发明专利家族申请总量的比例分别为 15.2%、14.6%、13.5%（表 3）。

表 3　IPC 小类数量分布与注释（专利数量 TOP10）

IPC 小类	专利家族数量（个）	注释
G06N	28119	基于特定计算模型的计算机系统
G06K	27083	数据识别；数据表示；记录载体；记录载体的处理
B25J	24959	机械手；装有操纵装置的容器
G06F	20884	电数字数据处理
G05D	12405	非电变量的控制或调节系统
G06T	11176	一般的图像数据处理或产生
G06Q	11089	专门适用于行政、商业、金融、管理、监督或预测目的的数据处理系统或方法;
B64C	7788	飞机；直升飞机
G05B	7200	一般的控制或调节系统；这种系统的功能单元；用于这种系统或单元的监视或测试装置
H04L	6982	数字信息的传输，例如电报通信

4.2.5 国民经济产业分布

依据国家知识产权局制定的《国际专利分类与国民经济行业分类参照关系表（2018）》，可以得到专利与国民经济行业的映射关系。这为专利的行业分类提供了直接对照，有助于从产业角度出发结合科技、经济数据开展相关统计分析。

人工智能领域的发明专利家族申请主要集中于 C39（计算机、通信和其他电子设备制造业）、C34（通用设备制造业）和 C40（仪器仪表制造业），在这三个产业申请的发明专利家族数量分别为 53418 个、27660 个、27290 个，分别占人工智能领域发明专利家族申请总量的 28.8%、14.9%、14.7%（表 4）。

表 4　国民经济大类数量分布与注释

国民经济大类	专利家族数量（个）	注释
C39	53418	计算机、通信和其他电子设备制造业
C34	27660	通用设备制造业
C40	27290	仪器仪表制造业
C38	13038	电气机械和器材制造业
C35	12164	专用设备制造业
C37	11074	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业
I63	9959	电信、广播电视和卫星传输服务
C36	6975	汽车制造业
C24	5809	文教、工美、体育和娱乐用品制造业
C33	5048	金属制品业
C39	53418	计算机、通信和其他电子设备制造业
C34	27660	通用设备制造业
C40	27290	仪器仪表制造业
C38	13038	电气机械和器材制造业
C35	12164	专用设备制造业
C37	11074	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业
I63	9959	电信、广播电视和卫星传输服务
C36	6975	汽车制造业
C24	5809	文教、工美、体育和娱乐用品制造业
C33	5048	金属制品业

4.2.6 全球与中国专利技术布局

从下图可见，中国在 G06N（基于特定计算模型的计算机系统）、G06K（数据识别；数据表示；记录载体；记录载体的处理）、B25J（机械手；装有操纵装置的容器）、G06F（电数字数据处理）这些技术领域内发明专利家族数量均超过 20000，属于重点发展的技术领域。美国在 G06N（基于特定计算模型的计算机系统）和 G06F（电数字数据处理）领域内的发明专利家族布局数量较多，韩国偏重 G06N（基于特定计算模型的计算机系统）和 B25J（机械手；装有操纵装置的容器）技术领域，日本和德国均很关注 B25J（机械手；装有操纵装置的容器）技术领域的发展，印度相对其他国家而言，对 G06Q（专门适用于行政、商业、金融、管理、监督或预测目的的数据处理系统或方法）领域投入了更多的研发。

4.2.7 领域研究热点分布

基于 Incopat 专利价值度，选取前 1 万篇专利进行文本聚类，得到人工智能领域 TOP10 的研究热点主题簇，多数都与机器人及相关应用有关，现就其中 3 个典型应用进行介绍。

（1）人工智能 | 智能家居。随着人们对于高质量

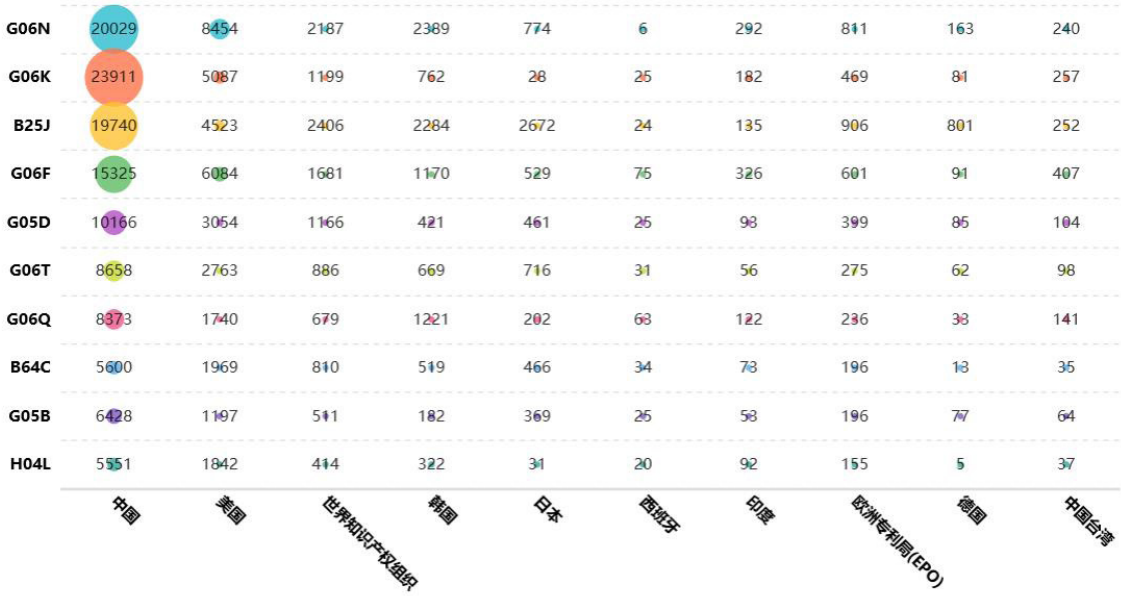

图 6 全球与中国专利技术布局

生活关注度的不断提高，智能家居和智能机器人得到了空前的发展和大力研究。智能家居通过全面的信息交互技术，来提供环境感知、远程可视对话、家电远程控制、室内安全警报等多种功能。

（2）移动机器人 | 驾驶车辆 | 自动驾驶。自动驾驶是汽车产业发展的重要里程碑，能够通过自动驾驶系统部分或完全地代替人类驾驶员安全地驾驶汽车，是一个涵盖多个功能模块和多种技术的软硬件结合的复杂系统。自动驾驶系统作为代替人类操作的解决方案，其设计思路和解决方法背后都蕴含着对人类驾驶习惯和行为的理解，目前自动驾驶已经成为人工智能最具前景的应用之一。

（3）无人飞行器 | 无人 | 水下机器人。无人机全称“无人驾驶飞行器（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）”，是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机。它涉及传感器技术、通信技术、信息处理技术、智能控制技术以及航空动力推进技术等，是信息时代高技术含量的产物。无人机价值在于形成空中平台，结合其他部件扩展应用，替代人类完成空中作业。随着无人机研发技术逐渐成熟，制造成本大幅降低，无人机在各个领域得到了广泛应用，除军事用途外，还包括农业植保、电力巡检、警用执法、地质勘探、环境监测、森林防火以及影视航拍等民用领域，且其适用领域还在迅速拓展。

水下机器人是工作于水下的极限作业机器人，能潜入水中代替人完成某些操作。水下机器人主要运用在海上救援，水下环境恶劣危险，人的潜水深度有限，所以水下机器人已成为开发海洋的重要工具。除此之外，水下机器人在石油开发、地貌勘察、科研、水产养殖、水下船体检修清洁、潜水娱乐、城市管道检测等领域的作用开始显现出来，市场也正在兴起。

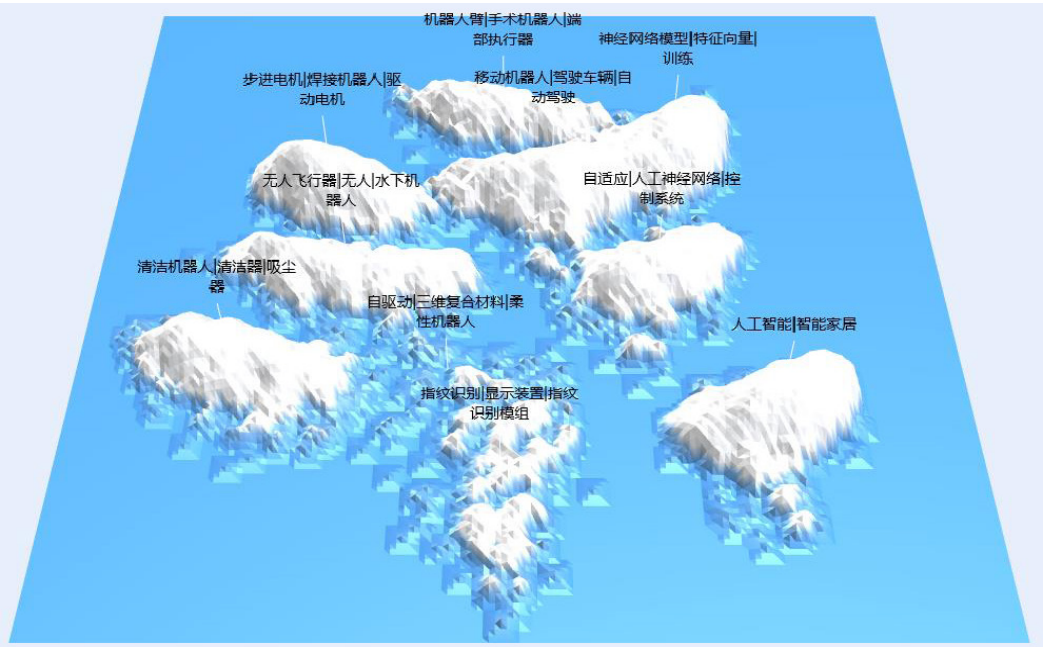

图 7 人工智能领域研究热点分布

5. 结语

当前，人工智能时代已经围绕在人们的生活中，人类的社会结构必将发生重大变革。在未来很长时间内，在强大的社会需求和市场因素促进下，人工智能将会进一步地朝着服务于人类的方向发展，将呈现如下发展趋势：第一，人工智能的理解能力将不断提高，随着计算机计算能力的提升和算法的优化，人工智能核心技术，如计算机视觉、自然语言处理等，将向更深更广的方向发展；第二，随着物联网建设进程的加快，在制造、家居、金融、教育、交通、安防、医疗、物流等领域对人工智能技术和产品的需求将进一步释放，相关智能产品的种类和形态将越来越丰富并呈现出个性化发展，主要体现在如智能服装、智能家电、智能汽车等智能产品和服务；第三，近些年各行各业都积累了大量的行业数据，都具备了与人工智能技术相结合并深入发展的基础，如公安系统各类丰富的公共基础信息资源、人员社会行为动态信息库，可以进一步促进人工智能技术在相关业务工作中的应用，这些都将成为很有发展潜力的行业领域等。

6. 致谢

本次工作中得到了地震预测研究所李茜同志的大力支持和帮助，在此表示感谢。

7. 参考文献

[1]J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, et al. A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence [EB/OL]. [1955-8-31]. http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html. [2020-10-15].

[2] 中国科学院大数据挖掘与知识管理重点实验室 . 2019 年人工智能发展白皮书 [EB/OL]. https://wenku.baidu.com/view/0acd2e0bf5ec4afe04a1b0717fd5360cba1a8d00.html#. [2020-10-18].

[3]Russell, S.J. and Norvig, P. 人工智能 : 一种现代的方法 [M]. 北京 : 清华大学出版社 , 2006.

[4]Arthur, S. Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. IBM Journal of Research and Development, 1959, 3: 211-229.

[5]Young T, Hazarika D, Poria S, et al. Recent trends in deep learning based natural language processing [J]. IEEE Computational Intelligence Magazine, 2018, 13(3): 55-75.

[6] 德勤咨询 . 中国人工智能产业白皮书 [EB/OL]. [2018-11-26]. http://www.199it.com/archives/796260.html. [2020-10-18].

[7] 深圳前瞻产业研究院 . 2019 年人工智能行业现状与发展趋势报告 [EB/OL]. https://bg.qianzhan.com/report/detail/1910081709070618.html#read. [2020-10-18].

[8] 李晓理等 . 人工智能的发展与应用 [J]. 北京工业大学学报 , 2020, 46(6): 583-590

[9]Science Citation Index ExpandedTM (SCITM Expanded)[EB/OL]. http://images.webofknowledge.com//WOKRS533AR16/help/zh_CN/WOK/hp_database.html#dsy367-TRS_science_citation. [2020-10-18].

[10]IncoPat [EB/OL]. https://www.incopat.com/. [2020-10-18].

加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设
全国地震重点监视防御区公共服务 **试点** **工作通讯目录**

关于观测仪器中的模拟滤波与数字滤波	2020 年第 1 期（总第 1 期）
推进新时代地震预测研究现代化框架方案（2020-2035 年）	2020 年第 2 期（总第 2 期）
2020 年 6 月 26 日新疆于田 M_S6.4 地震虚拟科学考察试点工作报告	2020 年第 3 期（总第 3 期）
研究所加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设试点行动方案（2020 ～ 2022 年）	特刊第 1 期（总第 4 期）
地震预测基础研究成果支撑引领地震预测业务的若干基本问题	2020 年第 4 期（总第 5 期）
地震监测预报预警科技进展和发展趋势	2020 年第 5 期（总第 6 期）
地震危险区精细调查与地震现场综合科学考察规划（初稿）	2020 年第 6 期（总第 7 期）
北京地区活动断裂与地震图	2020 年第 7 期（总第 8 期）
科学规划地震预测的进步	2020 年第 8 期（总第 9 期）
中国地震科学实验场地震科学考察工作预案（初稿）	2020 年第 9 期（总第 10 期）
预测所地震重点监视防御区公共服务试点工作方案	2020 年第 10 期（总第 11 期）
地震大形势科学问题清单	2020 年第 11 期（总第 12 期）
人工智能实时地震监测分析系统的应用	2020 年第 12 期（总第 13 期）
亚太经合组织地震科学合作项目 ACES	2020 年第 13 期（总第 14 期）
地震电磁短临监测手段评估—GPS TEC	2020 年第 14 期（总第 15 期）
2021-2030 年中国大陆地震重点监视防御区确定工作报告	2020 年第 15 期（总第 16 期）
人工智能研究进展分析报告（2017-2020）	2020 年第 16 期（总第 17 期）

编委会

王武星　王琳琳　田勤俭　汤　毅　孙汉荣　吴忠良　李　营　杨林章　张永仙　张晓东　邵志刚
赵翠萍　黄　伟

编辑部:

中国地震局地震预测研究所科研管理部
E-mail:sycglb@ief.ac.cn