
2018

自动驾驶 与人工智能研究报告

AMiner 研究报告第一期

清华大学计算机系-中国工程科技知识中心
知识智能联合研究中心 (K&I)

2018 年 1 月

Contents 目录

1 人工智能篇

人工智能	2
人工智能发展路线图	3
人工智能的定义	3
人工智能的起源	3
人工智能的发展	4
中国人工智能的发展	5
全球人工智能研究	7
全球人工智能研究学者数量分布	7
人工智能研究流派	9
活跃度较高的学者	13
全球人工智能发展趋势	14
中国人工智能研究	15
中国人工智能的领域分类	15
中国人工智能学者现状	16
中国人工智能论文现状	19
中国人工智能专利现状	22
人工智能在中国的应用实践	24
虚拟现实	25
深度学习应用	25
计算机视觉	27
语音技术	27
中国人工智能的机遇和挑战	28
中国人工智能拥有的机遇	28
中国人工智能遭遇的挑战	31
小结	32

2 汽车研究领域篇

汽车研究领域	34
汽车研究领域创新趋势	34
汽车研究	37
全球汽车研究学者数量分布及产业发展	37
中国汽车领域研究学者数量分布及产业发展	37
汽车研究流派	38
活跃度较高的研究学者	39
汽车研究领域发展趋势分析	39

3 人工智能+汽车篇

人工智能+汽车	42
无人驾驶研究	42
无人驾驶的等级	43
无人驾驶涉及的新技术	44
无人驾驶的决策模型	46
无人驾驶产业	49
自动驾驶汽车的商用	49
增强学习在无人驾驶中的应用	49
增强学习在无人驾驶中的优势	50
增强学习在无人驾驶中的未来	51
交叉创新笛卡尔智能分析	51
历史热点分析	54
Genomics (AI) & Real Time (Vehicle)	54
未来趋势分析	56
参考文献	57



扫描订阅

摘要

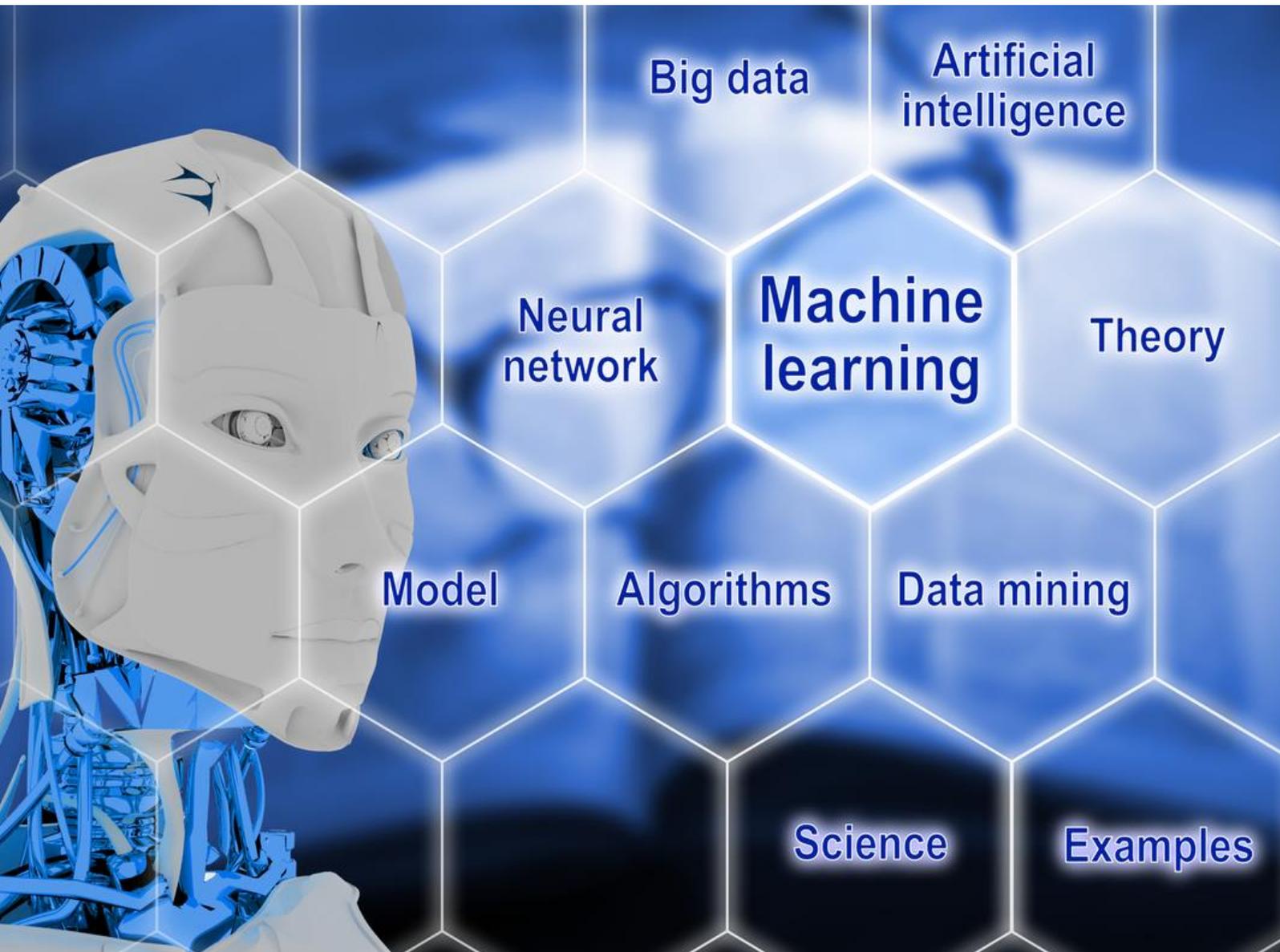
随着人工智能（Artificial Intelligence, AI）高速发展与应用，计算机技术已经进入以人工智能为代表的新信息技术时代——智能技术时代。近两年来，人工智能在中国已经被提升到了国家发展战略的高度。本文探讨了人工智能的起源与发展，分析了中国人工智能的发展历程。用数据说话，从专家、论文和专利三方面分析了中国人工智能的科研现状，列举了中国 AI 在语音识别、人脸识别、自动驾驶和无人机等方面的实践应用。

AI 和汽车研究领域的交叉发展给我们的交通带来了革命性的变化。了解和掌握汽车领域人工智能的研究和进展，发现未来的研究趋势，了解全球顶尖的研究学者和机构，洞察先机，掌握未来。

Abstract

Along with the high-speed development and broad application of AI, computer technology has entered into the new information technology generation, Intelligent Technology Era, which features in AI. In the last two years, Chinese government has made it the National Development Strategy. This article is about the origin and development of AI, and also analyzed the development history of AI in China. This article talked with the data and it analyzed the research situation in the field of Chinese AI from three aspects of experts, papers and patents, and also listed the application practices about AI in speech recognition, face recognition, automatic drive and unmanned aerial vehicle.

The cross development between AI and automotive research has brought us revolutionary changes to our transportation. It is important that we get to know about and master the research and progress of AI in the field of automobile, the world's top research scholars and institutions. Thus, we can get insights into the future and seize the future.



第一步，到 2020 年人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步，人工智能产业成为新的重要经济增长点，人工智能技术应用成为改善民生的新途径，有力支撑进入创新型国家行列和实现全面建成小康社会的奋斗目标。第二步，到 2025 年人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平，人工智能成为带动我国产业升级和经济转型的主要动力，智能社会建设取得积极进展。到 2030 年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要人工智能创新中心，智能经济、智能社会取得明显成效，为跻身创新型国家前列和经济强国奠定重要基础。

-----国务院《新一代人工智能发展规划》

1 人工智能

2016年5月18日，国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、中央网信办这四个部门联合制定了《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》，旨在充分发挥人工智能技术的引领作用，支撑各行业领域“互联网+”创业创新。2017年3月5日，在第十二届全国人民代表大会第五次会议上，政府工作报告中首次出现了“人工智能”字眼。在当年政府工作报告中，李克强总理特别指出全面实施战略性新兴产业发展规划，加快新材料、新能源、人工智能、第五代移动通信等技术研发和转化，做大做强产业集群。2017年7月20日，国务院正式发布了《新一代人工智能发展规划》，规划中指出，人工智能发展进入新阶段，人工智能已经成为国际竞争的新焦点、经济发展的新引擎，为社会建设带来了新机遇和新挑战。

我国发展人工智能具有良好的基础。经过多年的持续积累，我国国际科技论文发表数量和发明专利已经跃居世界第二，人工智能部分领域的核心关键技术实现突破，自然语言处理、语言识别、计算机视觉等领域技术处于世界领先水平，自动驾驶、无人机、生物特征识别等领域进入实际应用。我国的人工智能企业正在加速成长，获得了国际资本市场的广泛认可和关注。与此同时，我国人工智能整体发展水平与美国相比仍然存在显著的差距。由此可见，目前我国人工智能的发展进程中，成果与差距并存，机遇与挑战并存。

本部分从人工智能的发展历史出发，回顾了人工智能发展的三起两落，整理了人工智能的发展历史。本文给出了全球人工智能的研究现状，包括全球人工智能研究学者分布状况，人工智能研究流派及活跃度较高的学者，以及人工智能发展趋势。随后，在给出中国人工智能领域划分的基础上，深入统计分析了中国人工智能的科研现状，包括目前中国人工智能专家数量、中国人工智能专家分布情况、中国在人工智能领域发表论文和专利数量。基于中国人工智能的科研现状分析，探讨了人工智能在中国拥有的机遇和面临的挑战，旨在为人工智能在中国的发展提供参考和指导。

人工智能发展路线图

人工智能的定义

计算机科学理论奠基人图灵（Alan Mathison Turing）在论文《计算机器和智

能》中提出了著名的“图灵测试”——如果一台机器能够与人展开对话（通过电传设备），并且会被人误以为它也是人，那么这台机器就具有智能。

“人工智能之父”之一的马文·明斯基（Marvin Minsky）将其定义为“让机器做本需要人的智能才能够做到的事情的一门科学”。

代表人工智能另一条路线——符号派的司马贺（Herbert A. Simon）认为，智能是对符号的操作，最原始的符号对应于物理客体。

人工智能的起源

人工智能的历史不能只狭隘地从人工智能概念的产生算起。哲学、数学、经济学、神经科学、心理学、计算机科学、控制论和语言学等学科都促进了人工智能的产生和发展。作为中国人工智能领域研究的开拓者之一，陆汝钫院士在其著作《人工智能》中给出了为人工智能这门学科的产生做出过重大贡献的学者概要清单^[1]。

古希腊哲学家和思想家亚里士多德（Aristotle，公元前 384—322）的代表作《工具论》为形式逻辑奠定了基础。培根（Bacon，1561—1626）系统地提出了归纳法，成为和演绎法相辅相成的思维法则。培根还强调了知识的重要性，提出了著名的警示语句“知识就是力量”。莱布尼兹（Leibnitz，1646—1716）提出了数理逻辑，将形式逻辑符号化，从而能对人的思维进行运算和推理。布尔（Boole，1815—1864）初步实现了思维符号化和数学化，他提出了布尔代数，解决了传统逻辑不能处理的问题。

哥德尔（Gödel，1906—1978）研究形式系统的完备性和可判定性问题，指出了把人的思维形式化和机械化的某些极限，在理论上证明了有些事情是做不到的，为人工智能指明了相关研究极限。图灵（Turing，1912—1954）提出了图灵机，为电子计算机的出现建立了理论依据，他在 1950 年提出的“图灵实验”首次对智能的标准给出了一个明确定义。美国神经生理学家麦卡洛克（McCulloch，1898—1969）在 1943 年建立了第一个神经网络数学模型，奠定了用模拟人脑来实现智能研究的基础，开创了微观人工智能。美国物理学家莫奇来（Mauchly，1907—1980）于 1946 年发明了第一台电子数字计算机 ENIAC，为人工智能研究奠定了物质基础。香农（Shannon，1916—2001）于 1948 年开创了信息论，将其与心理学结合形成了认知心理学。认知心理学提出了各种描述人的心理活动的数学模型，形成了宏观人工智能研究的潮流。

1956 年 8 月，在美国汉诺斯小镇达特茅斯学院中，约翰·麦卡锡（John McCarthy）、马文·明斯基（Marvin Minsky，人工智能与认知学专家）、克劳德·香

农（Claude Shannon，信息论的创始人）、艾伦·纽厄尔（Allen Newell，计算机科学家）、赫伯特·西蒙（Herbert Simon，诺贝尔经济学奖得主）等科学家讨论了一个主题：用机器来模仿人类学习以及其他方面的智能。会议开了两个月的时间，虽然没有达成普遍共识，但是却为讨论的内容起了一个名字：人工智能。因此，1956 年成为了现代人工智能元年。

人工智能的发展

人工智能技术及产业发展的整体形势主要经历了三个阶段，如下图所示。

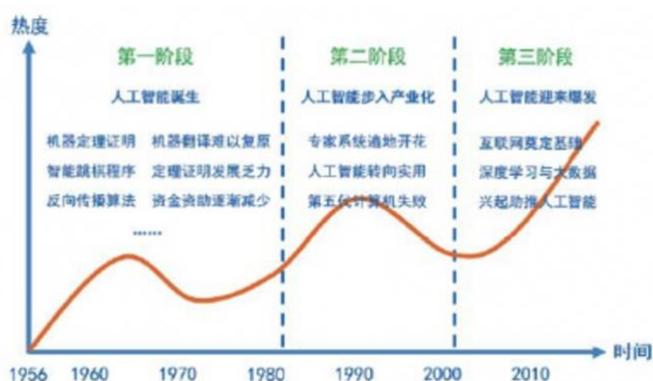


图 1 人工智能发展历经阶段

第一阶段（20 世纪 50 年代中期到 80 年代初期）：深耕细作，30 年技术发展为人工智能产业化奠定了基础。1956 年的达特茅斯会议代表人工智能正式诞生和兴起。

第二阶段（20 世纪 80 年代初期至 21 世纪初期）：急功近利，人工智能商用成功但跨越式发展失败。80 年代初期，人工智能逐渐成为产业，日本、美国等国家投入巨资开发第 5 代计算机——人工智能计算机。由于技术路线明显背离计算机工业的发展方向，第 5 代计算机项目失败。

第三阶段（21 世纪初期至今）：量变产生质变，人工智能有望实现规模化应用。计算能力的提升与互联网和大数据广泛应用带来的海量数据量的积累，深度学习算法因此快速应用。深度学习算法的应用使得语音识别、图像识别技术取得了突破性进展，围绕语音、图像、机器人、自动驾驶等人工智能技术的创新大量涌现，人工智能进入发展热潮。

未来，人工智能的热度将可能会有所回落，但人工

神经元模型、图灵测试的提出以及 SNARC 神经网络计算机的发明，为人工智能的诞生奠定了基础。

第一个成功的商用专家系统 R1 为 DEC 公司每年节约 4000 万美元左右的费用。截止到 20 世纪 80 年代末，几乎一半的“财富 500 强”都在开发或使用“专家系统”。

智能技术的发展将深入到金融、交通、医疗、工业等各个领域，逐渐改变人类的生产生活方式。

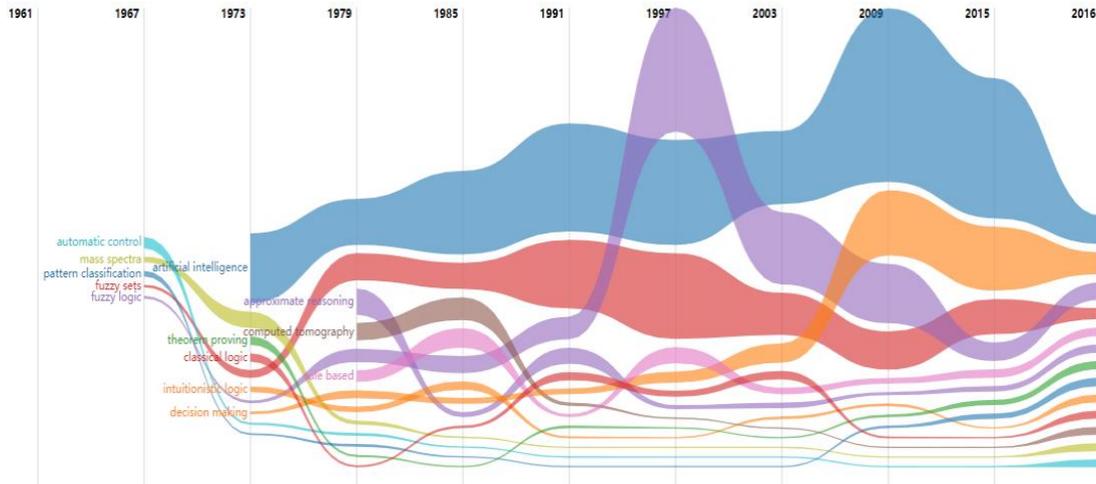


图 2 人工智能技术源头图

中国人工智能的发展

相比于世界发达国家人工智能的发展，我国的人工智能研究起步晚，发展道路曲折，甚至一度受到打压。直到中国改革开放后，中国人工智能的发展才步入正轨。虽然，我国人工智能研究的发展历程十分艰难，但是我国人工智能研究一直在曲折的道路中前进，并且取得了丰硕的成果。

20 世纪 60 年代，国际上出现第一次人工智能研究热潮时，中国受苏联批判人工智能和控制论的影响几乎没有人工智能研究。20 世纪 80 年代，当人工智能研究出现第二次热潮时，中国赶上了改革开放，人工智能的研究在中国被解开了禁锢，开始了艰难起步阶段。这一时期，知识工程和专家系统在世界发达国家迅猛发展，并取得了重大的经济效益。中国自 1980 年起派遣大量留学生赴欧美发达国家学习现代科技新成果，其中就包括人工智能和模式识别等学科领域。1981 年，中国人工智能学会成立，对人工智能在中国的研究发展起到了极大的促进作用。20 世纪 80 年代中后期，中国人工智能研究开始走上正常快速的发展道路，国家科研计划中出现了人工智能的相关研究项目。

进入 21 世纪后，许多人工智能研究项目获得国家科技重大专项、国家高技术研究发展计划（863 计划）、国家重点基础研究发展计划（973 计划）、国家自然科学基金重点和重大项目等各类国家科研基金支持。在这些国家基金计划的支持下，各大高校培育了人工智能学科，开设各种层次的人工智能课程，培养了大批科技人员从事人工智能学科的研究。

近两年来，人工智能研究在中国已经被提升到了国家发展战略的高度。国务院发布的《新一代人工智能发展规划》指出人工智能的战略目标分三步走。第一步，到 2020 年人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步，人工智能产业成为新的重要经济增长点，人工智能技术应用成为改善民生的新途径，有力支撑进入创新型国家行列和实现全面建成小康社会的奋斗目标。第二步，到 2025 年人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平，人工智能成为带动我国产业升级和经济转型的主要动力，智能社会建设取得积极进展。到 2030 年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要人工智能创新中心，智能经济、智能社会取得明显成效，为跻身创新型国家前列和经济强国奠定重要基础。

2016 年 9 月 3 日，习近平主席在二十国集团峰会上发表主旨演讲上提出“以互联网为核心的新一轮科技和产业革命蓄势待发，人工智能、虚拟现实等新技术日新月异，虚拟经济与实体经济的结合，将给人们的生产方式和生活方式带来革命性变化”。人工智能正在从研究领域大跨步的进入到工业生产，学习生活，日常消费等领域。自动驾驶，无人机，机器人等成为人工智能首先进入的领域。

中国人工智能产业也呈现出井喷式的发展，2016 年中国人工智能市场规模达到 96.61 亿元，增长率为 37.9%，中国人工智能市场规模在持续增长，2017 年将超 130 亿元，达到 135 亿元，增长 41.2%，有望在 2018 年市场规模突破 200 亿元，达到 205.3 亿元。

全球人工智能研究

全球人工智能研究学者数量分布

我们在 AMiner 中统计了人工智能所有子领域的专家学者数量。全球人工智能专家共有 18107 人，其中：

1. 男性 17231 人，女性 876 人，男性占比 95.16%，女性仅占 4.84%。
2. 在全部人工智能专家中，华裔科学家占比 26.69%，具有中国籍的人工智能专家占比 14.77%。在具有中国籍的人工智能专家中，内地地区专家占比 91.13%（占全世界比例 13.46%），港澳特别行政区专家占比 8.87%（占全世界比例 1.31%）。
3. 资深人工智能专家（H-index \geq 30）共 4918 人，占全球人工智能专家总数的 27.16%。在全球资深人工智能专家中，华裔科学家占比 22.61%，具有中国籍的人工智能专家占比 10.94%。在具有中国籍的资深人工智能专家中，内地地

区专家占比 82.72%（占全世界比例 9.05%），港澳特别行政区专家占比 17.28%（占全世界比例 1.89%）。

4. 领军人工智能专家（H-index ≥ 60）共 742 人，占全球人工智能专家总数的 4.10%。在全球领军人工智能专家中，华裔科学家占比 16.06%，具有中国籍的人工智能专家占比 6.36%。在具有中国籍的领军人工智能专家中，内地地区专家占比 74.06%（占全世界比例 4.71%），港澳特别行政区专家占比 25.94%（占全世界比例 1.65%）。

表 1 全球 AI 专家分布

类别 国籍	AI 专家	资深 AI 专家	领军 AI 专家
美国	39.71%	54.13%	68%
中国	14.77%	10.94%	6.36%
英国	6.3%	6.21%	5.18%
意大利	3.69%	2.41%	1.18%
加拿大	3.66%	3.97%	3.29%
日本	3.61%	1.67%	—
德国	2.92%	2.27%	1.65%
澳大利亚	2.58%	2.01%	1.41%
荷兰	2.57%	2.35%	1.41%
法国	1.93%	1.1%	—
新加坡	1.86%	1.85%	—
中华台北	1.66%	—	—
印度	1.61%	1.02%	—
希腊	1.36%	—	—
以色列	1.19%	1.86%	2.12%
西班牙	1.17%	—	—
瑞士	1.15%	1.33%	1.4%
奥地利	1.06%	—	—
比利时	1.03%	—	—
其他国家或地区	6.17%	6.88%	8%

全球人工智能专家共分布在全球 67 个不同的国家和地区。在全球人工智能专家中，资深人工智能专家共分布在全球 43 个不同的国家和地区，领军人工智能专家共分布在全球 25 个不同的国家和地区。全球人工智能专家分布如表 1 所示，表 1 只列出了占比在 1% 以上的国家和地区。由表 1 可以看到，在全球人工智能专家中，占比最多的前三名是美国（39.71%）、中国（14.77%）和英国（6.3%），

这三个国家的人工智能专家数量对比其他国家和地区具有绝对优势。然而在全球资深人工智能专家和领军人工智能专家数目上，美国（分别为 54.13%和 68%）占比多于全球其他所有地区专家数目的总和。

由表 1 可知，中国在全球人工智能专家、全球资深人工智能专家和全球领军人工智能专家数量中占比分别为 14.77%（美国占比 39.71%）、10.94%（美国占比 54.13%）和 6.36%（美国占比 68%）。虽然目前中国的人工智能专家数量在全球占比中排列第二名，但是与第一名美国的差距仍然很大。专家越资深，中国与美国的专家数目差距越大。由此可见，中国的人工智能科研现状虽然取得了一定的成绩（全球排名第二），但是与第一名美国仍然存在很大的差距，需要国家在人工智能人才培养方面继续加大投入。

人工智能研究流派

有关人工智能的研究主要以 Ajith Abraham、Peter Norvig、Juan Carlos Augusto、Edward A. Feigenbaum、Bruce G. Buchanan、John Mccarthy、Carl Djerassi、Ben Goertzel、Nils Nilsson、Ryszard Tadeusiewicz 十人为首的流派研究构成，如图 3 所示。

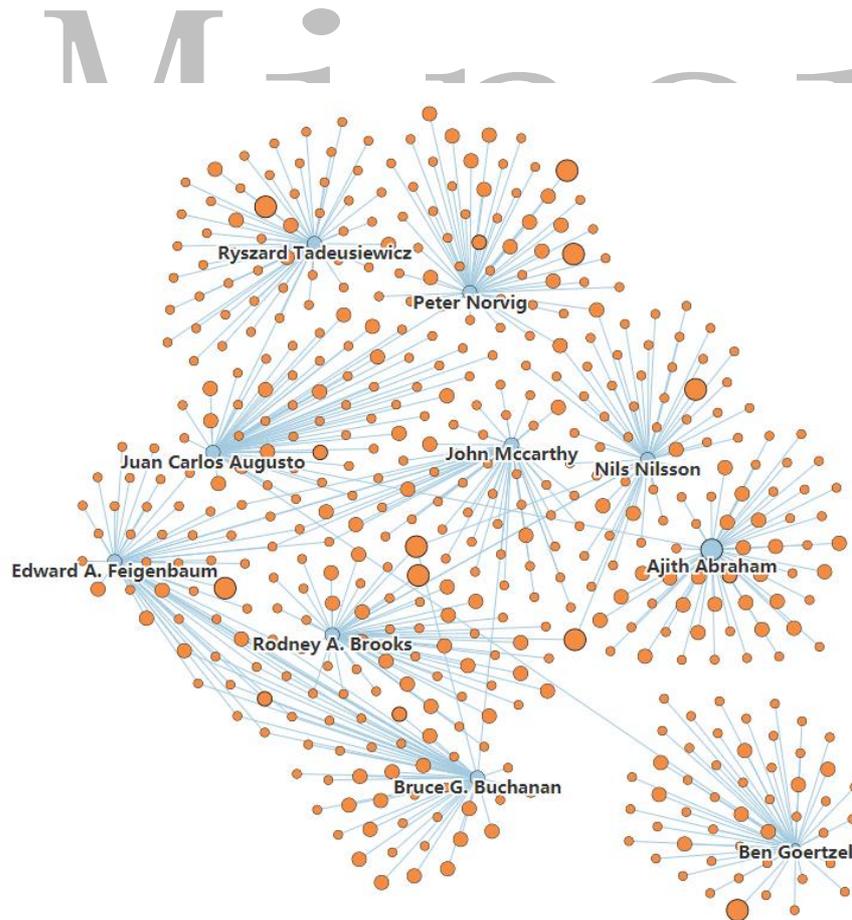


图 3 人工智能全球专家关系图谱

其中，有三位教授来自于 Stanford University，一人来自于 Google，研究兴趣主要集中在 Artificial Intelligence、Knowledge Representation、Machine Learning、Data Science 和 Data Analysis 等方向。这些学者在 citation、G-index、H-index、Diversity 和 Sociability 方面都有着不俗的表现，但是近两年参加的活动较少。

这些专家的主要情况如下：

 <p>Juan Carlos Augusto h-Index: 30 #Papers: 191 Professor of C.S. - Head of R.G. on Intelligent Environments Department of Computer Science, School of Science and Technology, Middlesex University London</p>	<p>Juan Carlos Augusto</p> <p>Juan Carlos Augusto 教授现在 Department Of Computer Science, School of Science and Technology, Middlesex University London 工作，研究兴趣主要在 Ambinet Intelligence、Enterprise Information Systems、Knowledge Engineering、Smart Environments、Wireless Sensor Networks。Juan Carlos Augusto 发表 191 篇 Paper，在 Diversity 和 Sociability 方面表现较为出色，近两年参加的活动较少。与他相似的研究人员有 S. Martin、M. D. Mulvenna、H. Zheng、P. J. Mccullagh、C. D. Nugent 等。</p>
 <p>Bruce G. Buchanan h-Index: 48 #Papers: 203 Professor Department of Computer Science, University of Pittsburgh</p>	<p>Bruce G. Buchanan</p> <p>Bruce G. Buchanan 教授现在 Department Of Computer Science, University of Pittsburgh 工作，研究兴趣主要在 Artificial Intelligence、Artificial Intelligent、Expert System、Machine Learning、Knowledge Base。Bruce G. Buchanan 发表 203 篇 Paper，在 citation、H-index、G-index、Diversity 和 Sociability 方面表现较为出色，近两年参加的活动较少。与他相似的研究人员有 Reid G. Smith、Edward A. Feigenbaum、Joshua Lederberg、Jonathan Glick 等。</p>
 <p>John Mccarthy h-Index: 32 #Papers: 60 Professor MIT, Stanford University</p>	<p>John Mccarthy</p> <p>John Mccarthy Professor 在 MIT, Stanford University 工作，研究兴趣主要在 Artificial Intelligence、Artificial Intelligent、Mathematical Logic、Time Sharing、Logic、Nonmonotonic Reasoning、Programming Language、Knowledge Representation、Ai Program 和 Pdp-1</p>

	<p>Computer。John Mccarthy 发表了 60 篇 Papers。</p>
 <p>Rodney A. Brooks h-Index: 48 #Papers: 286 Professor MIT</p>	<p>Rodney A. Brooks</p> <p>Rodney A. Brooks Professor 在 MIT 工作，研究兴趣主要在 Artificial Intelligence、Robots、Computed Tomography、Robotics、Artificial Intelligent、Mobile Robot、Humanoid Robot、Mobile Robots、Relaxometry 和 Central Nervous System。Rodney A. Brooks 发表了 286 篇 Papers。</p>
 <p>Nils Nilsson h-Index: 39 #Papers: 128 Kumagai Professor Artificial Intelligence Laboratory Department of Computer Science Stanford University</p>	<p>Nils Nilsson</p> <p>Nils Nilsson Kumagai Professor 在 Artificial Intelligence Laboratory Department of Computer Science Stanford University 工作，研究兴趣主要在 Artificial Intelligent、Artificial Intelligence、Probabilistic Logic、Cardiac Output、Autonomous Agent、Theorem Proving、Pattern Recognition、Rest、Annual Review 和 Blood Circulation。Nils Nilsson 发表了 128 篇 Papers。</p>
 <p>Ajith Abraham h-Index: 84 #Papers: 918 professor Machine Intelligence Research Labs (MIR Labs),Scientific Network for Innovation and Research Excellence (SNIRE)</p>	<p>Ajith Abraham</p> <p>Ajith Abraham professor 在 Machine Intelligence Research Labs (MIR Labs),Scientific Network for Innovation and Research Excellence (SNIRE)工作，研究兴趣主要在 Evolutionary Algorithms、Machine Learning、Evolutionary Computation、Genetic Algorithms、Genetic Algorithm、Swarm Intelligence、Evolutionary Algorithm、Particle Swarm Optimization、Artificial Neural Networks 和 Genetic Programming。Ajith Abraham 发表了 1154 篇 Papers。</p>

 <p>Edward A. Feigenbaum h-Index: 33 #Papers: 118 Professor Air Force Office of Scientific Research</p>	<p>Edward A. Feigenbaum</p> <p>Edward A. Feigenbaum 教授现在 Air Force Office of Scientific Research 工作，研究兴趣主要在 Artificial Intelligence、Artificial Intelligent、Expert System、Mass Spectra、Knowledge Based System。Edward A. Feigenbaum 发表 118 篇 Paper，在 citation、Diversity 和 Sociability 方面表现较为出色，近两年参加的活动较少。与他相似的研究人员有 Joshua Lederberg、Bruce G. Buchanan、H. Penny Nii、Pamela Mccorduck、Alan M. Duffield 等。</p>
 <p>Ryszard Tadeusiewicz h-Index: 21 #Papers: 285 Professor AGH University of Science and Technology</p>	<p>Ryszard Tadeusiewicz</p> <p>Ryszard Tadeusiewicz Professor 在 AGH University of Science and Technology 工作，研究兴趣主要在 Artificial Intelligence、Pattern Recognition、Artificial Intelligent、Image Analysis、Neural Network、Information System、Pattern Analysis、Semantic Interpretation、Biomedical Imaging 和 Computational Intelligence。Ryszard Tadeusiewicz 发表了 285 篇 Papers。</p>
 <p>Peter Norvig h-Index: 21 #Papers: 67 Director of Research at Google Inc Google Inc.</p>	<p>Peter Norvig</p> <p>Peter Norvig 现为 Google 的研究员，研究兴趣主要在 Artificial Intelligence、Knowledge Representation、Machine Learning、Data Science 和 Data Analysis。Peter Norvig 发表的 Paper 较少，但有着较高的 citation，在 Diversity 和 Sociability 方面表现较为出色，近两年参加的活动较少。与他相似的研究人员有 Stuart J. Russell、Stephen J. Hegner、Paul Mc Kevitt、Timothy J. Hickey、Don Perlis 等。</p>

活跃度较高的学者

在人工智能的研究学者中，近期活跃度较高的学者如 Athanasios V. Vasilakos、Witold Pedrycz、Dipankar Dasgupta、Zoubin Ghahramani、Eric Horvitz 等人。

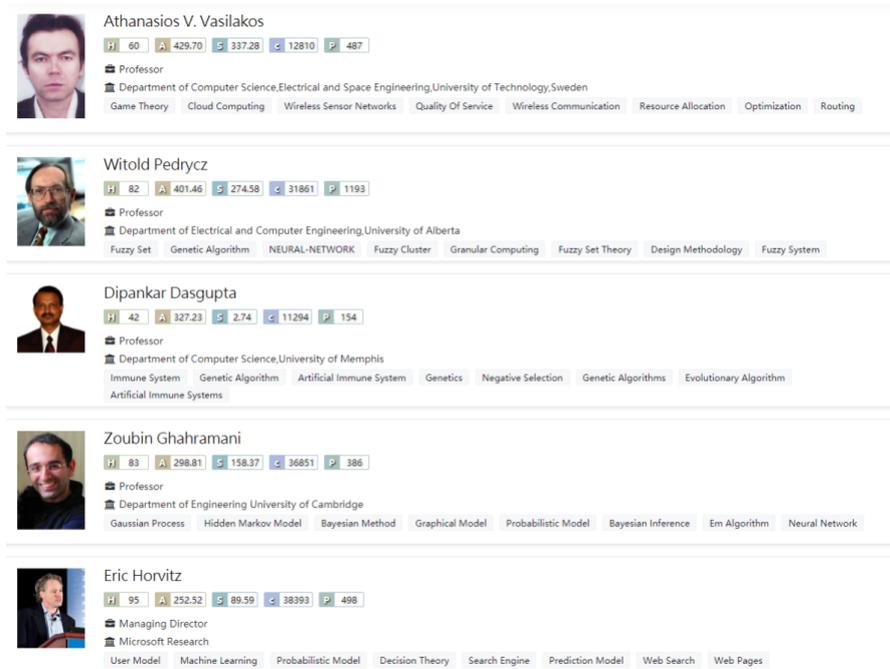


图 4 人工智能领域活跃度最高学者列表

全球人工智能发展趋势

从全局的热度来看，Artificial Intelligence、Neural Networking、Soft Computing、Fuzzy Logic、Fuzzy Sets、Computer Intelligence 等是整体关注的热点。

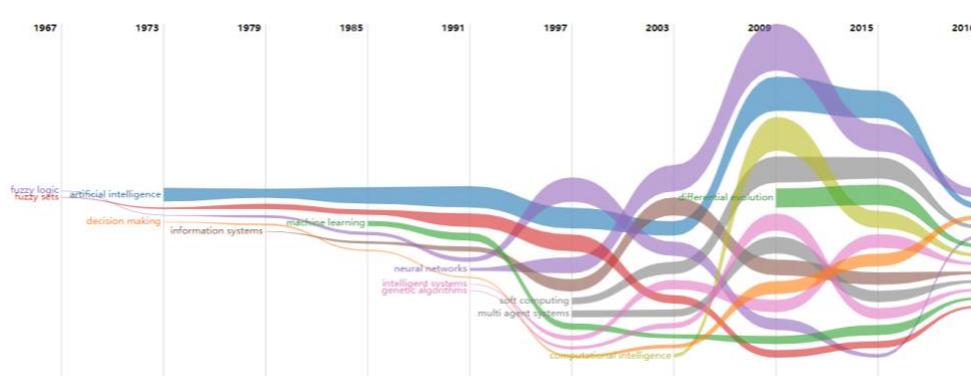


图 5 人工智能领域全局发展趋势

近期关注的重点则是集中在 Artificial Intelligence、Decision Making、Neural Networks、Computational Intelligence、Social Media 等领域，如图 6 所示。

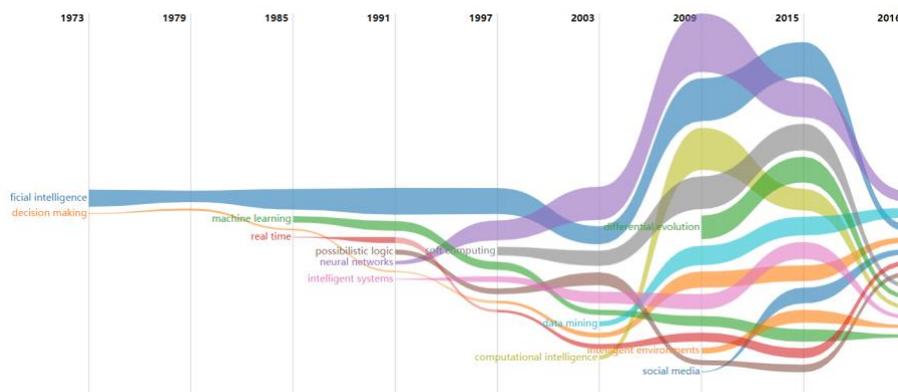


图 6 人工智能领域近期发展趋势

中国人工智能研究

中国人工智能的领域分类

本节给出了中国人工智能的研究领域划分。人工智能既是计算机科学的一个分支，又是计算机科学、控制论、信息论、语言学、神经生理学、心理学、数学、哲学等多种学科相互渗透而发展起来的综合性学科。在此原则下，我们基于 ACM（Association for Computing Machinery，国际计算机学会）计算分类系统 CCS2012^[4]构建了中国人工智能领域分类树。

ACM 计算分类系统是计算领域较为权威标准的分类系统，被应用在 ACM 数字图书馆系统中。ACM 计算分类系统对计算学科相关领域、类别和概念的归纳代表了计算学科分类的最高水平。中国人工智能的领域分类是以 ACM 计算分类系统（CCS2012）为基础构建的。ACM 计算分类系统包含信息安全，软件工程，计算方法等 13 个一级计算机领域。首先筛选与人工智能相关的领域及概念。我们主要选择计算方法领域下与人工智能密切相关的两个子领域人工智能和机器学习。除了传统人工智能领域，近年来，人工智能在其他计算领域和跨学科领域的应用也越来越广泛，因此我们增加了其他子领域下和人工智能相关的概念，包括计算经济学，类脑科学等。

通过进一步组织，我们重构了中国人工智能的领域分类树。根据 AMiner 前期采样的中国人工智能领域的专家数据^[5]，中国人工智能领域分类树主要被分为两级。根据当前研究热度和研究领域，我们划分出 27 个一级概念，包括深度学习，信息检索等，代表了人工智能在国内和国际上比较活跃的子领域。二级目录参考 ACM 分类系统，删去没有中国学者研究的类别，添加中国特有的热门领域，如中文处理。如图 7 所示，最终得到的中国人工智能领域分类树共包含 27 个一级概念，44 个二级概念，囊括了中国人工智能发展的各个领域。

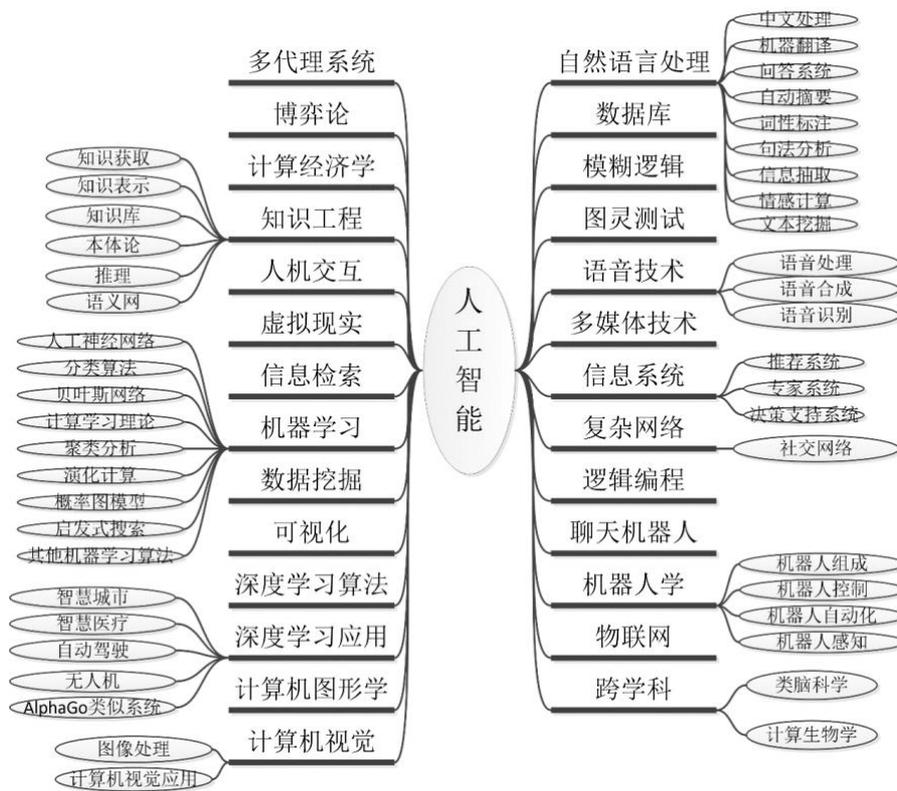


图7 中国人工智能领域分类树

中国人工智能学者现状

我们统计了中国的四个权威机构的数据，包括中国电子学会（Chinese Institute of Electronics, CIE），中国中文信息学会（Chinese Information Processing Society of China, CIPSC），中国自动化学会（Chinese Association of Automation, CAA）和中国计算机学会（China Computer Federation, CCF）。

表 2 四大协会领域分析

学会名称	领域分析
中国电子学会	嵌入式系统与机器人，计算机工程与应用
中国中文信息学会	计算语言学，社交媒体处理
自动化学会	机器人，模式识别与机器智能，智能自动化
中国计算机学会	多媒体技术，计算机辅助设计与图形学，计算机视觉，计算机应用，人工智能与模式识别，人机交互，数据库，信息系统，虚拟现实与可视化技术，中文信息技术，大数据，生物信息学

表 2 列出了中国这四大会学各自涉及的领域中，与人工智能领域相关的部分。其中，中国电子学会涉及人工智能的主要研究领域包括：嵌入式系统与机器人、计算机工程与应用。中国中文信息学会涉及人工智能的主要研究领域包括：计算语言学、社交媒体处理。自动化学会涉及人工智能的主要研究领域包括：机器人、模式识别与机器智能、智能自动化。中国计算机学会涉及人工智能的主要研究领域包括：多媒体技术、计算机辅助设计与图形学、计算机视觉、计算机应用、人工智能与模式识别、人机交互、数据库、信息系统、虚拟现实与可视化技术、中文信息技术、大数据、生物信息学。

在四大会学的会员中，从事人工智能相关领域的学者共 1073 名，分别有 1045 名来自高校，89 名来自科研机构，22 名来自企业。这些数量的总和不等于 1073，由此可推断，有一些人工智能学者同时在多个不同类型的单位就职。目前在中国，有 97.39% 的人工智能学者都任职于高校，远远多于在科研机构和企业任职的人工智能专家。本文统计各单位人工智能学者人数后，将人工智能学者人数最多的前 15 个单位列出，如图 8 所示。在中国，人工智能学者数量最多的三个单位是清华大学、北京大学和中国科学院，分别有 72 名，66 名，51 名人工智能专家。这三个单位的人工智能学者数远多于其他单位。

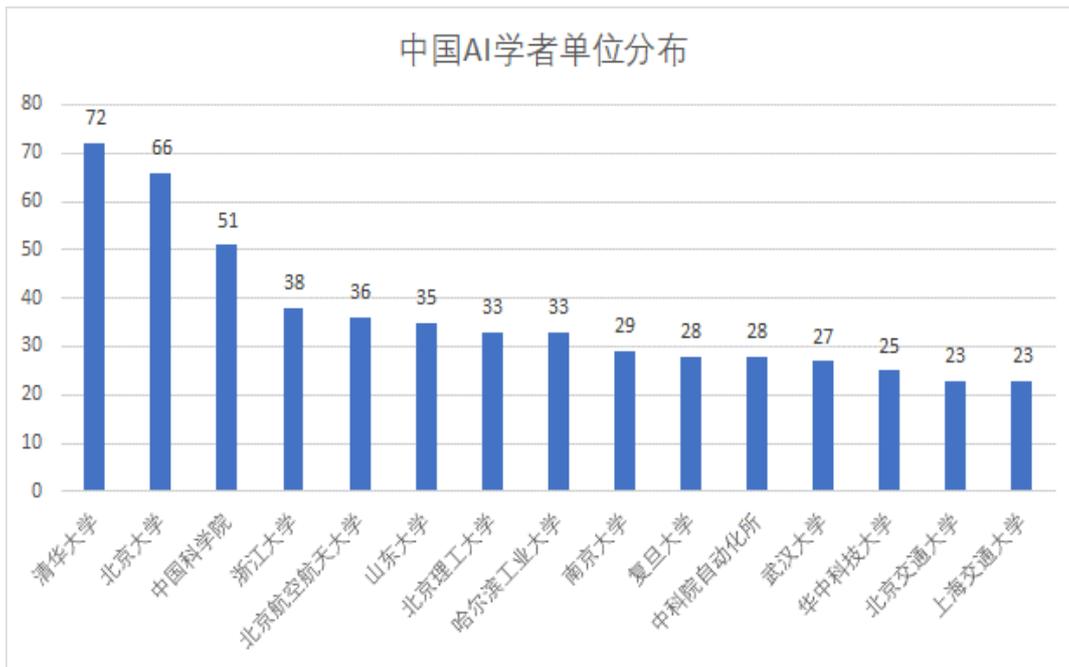


图8 中国 AI 学者单位分布

同样地，我们统计了四大学会中人工智能学者的领域分布。如下图所示，中国人工智能学者主要分布在以下领域：数据挖掘、机器学习、计算机视觉、数据库、自然语言处理、图像处理、计算机图形学、多媒体技术、虚拟现实、人机交互、信息检索以及社交网络等。其中，数据挖掘（230人）、机器学习（207人）、计算机视觉（193人）和数据库（171人）领域的人才充足，而在机器人、跨学科计算与机器学习应用等领域稍显薄弱。同时，本文基于统计结果发现，人工智能领域呈现出跨学科的特点，大部分学者的专业是计算机相关专业（如计算机，电子工程，数学等），但少部分学者专业为与计算机不明显相关的专业，如经济学，生物，心理学等。

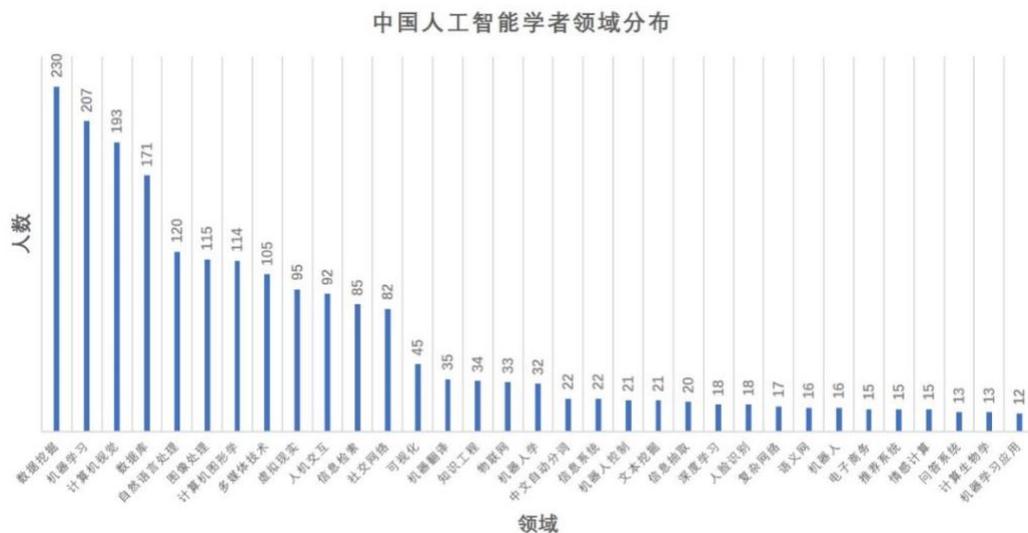


图9 中国 AI 学者领域分布

中国人工智能论文现状

本文统计近 2 年人工智能领域发表的国际顶级会议论文（CCF-A 和 CCF-B 类），以此作为本节分析的基础数据。本文统计得到 5573 篇论文，其中有 1554 位中国学者。

按照人工智能领域的分类树，将每篇论文归类至相关的领域，从而该领域作为论文中每位作者的研究领域。如图 10 的统计结果显示，含 50 位中国学者以上的（一级）领域有：机器学习（796 人，占总数的 51.22%）、计算机视觉（334 人，占总数的 21.49%）、自然语言处理（204 人，占总数的 13.13%）、社交网络（84 人，占总数的 5.41%）、多代理系统（61 人，占总数的 3.93%）、知识工程（59 人，占总数的 3.80%）、知识表示（54 人，占总数的 3.47%）和推荐系统（53 人，占总数的 3.41%）。中国学者发表的顶级论文涉及的这些领域也是人工智能在国际上比较活跃的子领域。

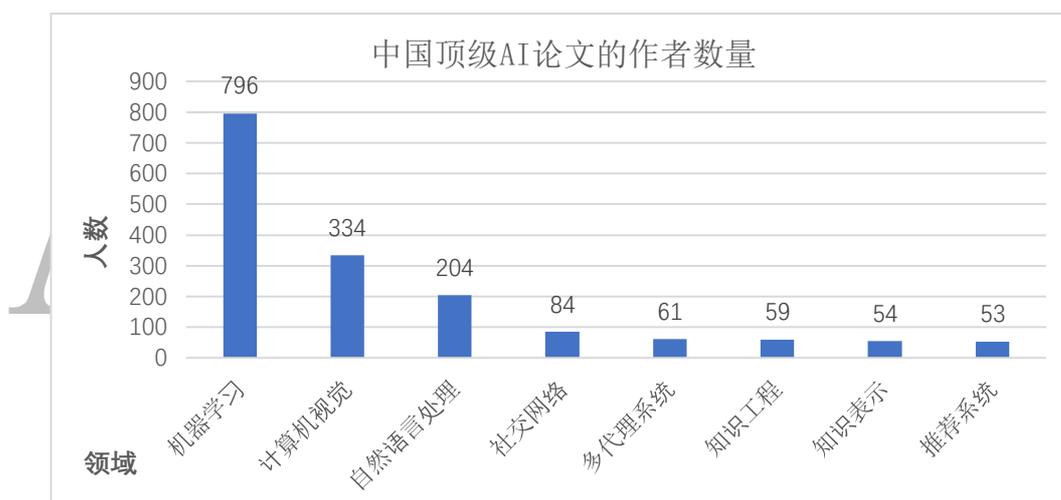


图 10 中国顶级 AI 论文的作者数量

将所有论文的作者按照所在机构进行分类，并且按照机构的学者数量进行排序。得到的结果如图 11 所示：中科院位列第一（127 人）、清华大学（94 人）和北京大学（51 人）紧随其后，前十名的机构还有：微软（48 人）、中国科学技术大学（35 人）、南京大学（34 人）、哈尔滨工业大学（30 人）、香港中文大学（25 人）、卡内基梅隆大学（24 人）、复旦大学（24 人）以及上海交通大学（23 人）。在统计结果中值得注意的是，国外和香港研究机构的中国学者发表的顶级论文数量也都表现很突出。

下面我们关注论文作者中学生的分布情况。我们借助 AMiner 系统中学者的个人资料和在互联网上搜索到的学者信息，标注得到 452 位学生，1102 位教授

或研究员。有了学者的职位信息后，再将学者按机构分类。由图 11 可知，大部分国内大学中，教授的数量多于学生，如清华大学有 64 位老师，30 位学生；北京大学有 40 位老师，11 位学生。对于国外的大学，则经常是学生多于老师，如卡内基梅隆大学有 4 位老师，20 位学生。

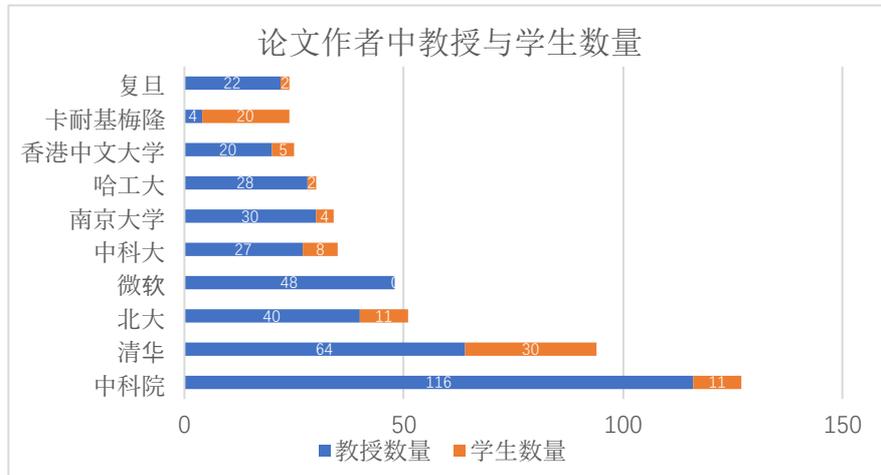


图 11 论文作者中教授数量与学生数量对比图

然后，我们选取了人工智能领域内的 12 个具有代表性的子领域进行学者统计分析，包括：计算机视觉、机器学习、自然语言处理、机器人学、神经网络、不确定知识与推理、多智能体系统、计算学习理论、演化计算、知识工程、自动化决策与调度，以及推理等。

表 3 中国和外国学者发表论文数量

领域 \ 人数	总人次	外国学者	中国学者	中国学者比例
计算机视觉	13200	9003	4197	31.80%
机器学习	5701	3999	1702	29.85%
自然语言处理	6471	4622	1849	28.57%
机器人学	7251	5666	1585	21.86%
神经网络	2927	2346	581	19.85%
不确定知识与推理	599	487	112	18.70%
多智能体系统	2312	1974	338	14.62%
计算学习理论	381	327	54	14.17%
演化计算	596	546	50	8.39%
知识工程	459	428	31	6.75%
自动化决策与调度	360	338	22	6.11%
推理	382	368	14	3.66%

在 AMiner 系统中统计从 2015 年至今，12 个代表领域下，中国和外国学者的发表论文数量，如表 3 所示。其中发表论文按照人次统计，并且按照中国学者所占比例对这 12 个领域进行了排序。

中国人工智能专利现状

本文专利情况分析主要是基于国家专利局的相关数据。AI 专利涉及的研究领域基本覆盖了 AI 研究的各个方向，其中在数据库(38038)、机器学习(13877)、人机交互(9969)、大物联网(8929)、大数据(5055)、语音技术(4835)、虚拟现实(3577)、数据挖掘(1422)、深度学习(786)、自然语言处理(819)、机器人学(1547)等领域尤为活跃。在计算生物学(1)、量子智能计算(0)、类脑科学(0)等领域，由于技术的成熟性问题，专利数量极少。另外，在人工智能的实践应用中，无人机(9356)、人脸识别(3207)、社交网络(710)、自动驾驶(647)等 AI 具体应用方向专利数量可观。

根据美国专利数据库 USPTO 从 1976 年至今的专利情况，本文对比了中美两国的 AI 专利申请情况。美国的 AI 专利也主要集中在机器学习(287855)、图像处理(171852)、自然语言处理(48659)、图形学(32168)、语音识别(31410)、机器人学(29892)、计算机视觉(22803)、数据挖掘(18140)等领域，整体分布比例上和我国的 AI 专利十分类似，而在量子智能计算(636)、计算生物学(1559)等我国 AI 专利极为稀少(分别为 0 和 1)的方向表现也较为活跃。

我们以深度学习为例分析 AI 专利在中国的发展趋势。统计结果由图 12 所示，2012 年暂无深度学习相关的专利，2013 年申请的深度学习专利数为 31，2014 年为 80，2015 年为 237，2016 年为 465。在图 12 中，我们以指数函数模拟中国深度学习专利数量的增长趋势，可见深度学习作为 AI 领域最热门的研究应用方向之一，自 2012 年火热以来，专利数井喷，并仍呈持续上升势头。而在美国专利数据库 USPTO 中搜索得到的深度学习条目总数只有 242 条。可见近年来，我国在 AI 领域的某些子领域内年专利数量超过了美国，并且增长势头强劲。

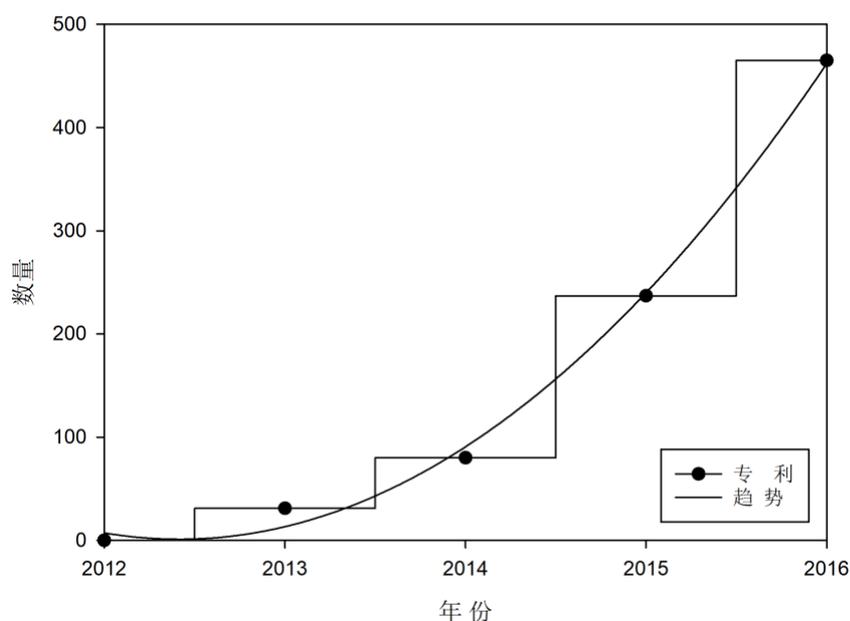


图 12 中国深度学习专利数量

以下统计分析基于我们随机抽取的 2015 年 1 月 1 日至今覆盖各个 AI 领域的 15222 个 AI 相关的专利，AI 专利 41.47% 来源于计算机领域，其次是电子通信（13.64%）、控制（5%）等领域，并广泛应用于社会生产生活的各个方面。

在 AI 专利的机构成分分析方面，统计得到 61.62% 的专利来自各类企业，31.97% 来自各大专院校，5.12% 来自科研单位，其余的来自机关集团。如图 13 所示，AI 专利的申请最多的机构包括以乐视（428）、国家电网（328）、百度（241）、北京光年无限（130）等为代表的公司企业和以浙大（103）、东南大学（93）、华南理工（92）、清华（88）等为代表的理工科大学。AI 专利申请前 20 的机构中企业占 11 名，高校占 9 名，而且企业的名次相对更高。整体数据上，AI 专利的主力军还是企业。

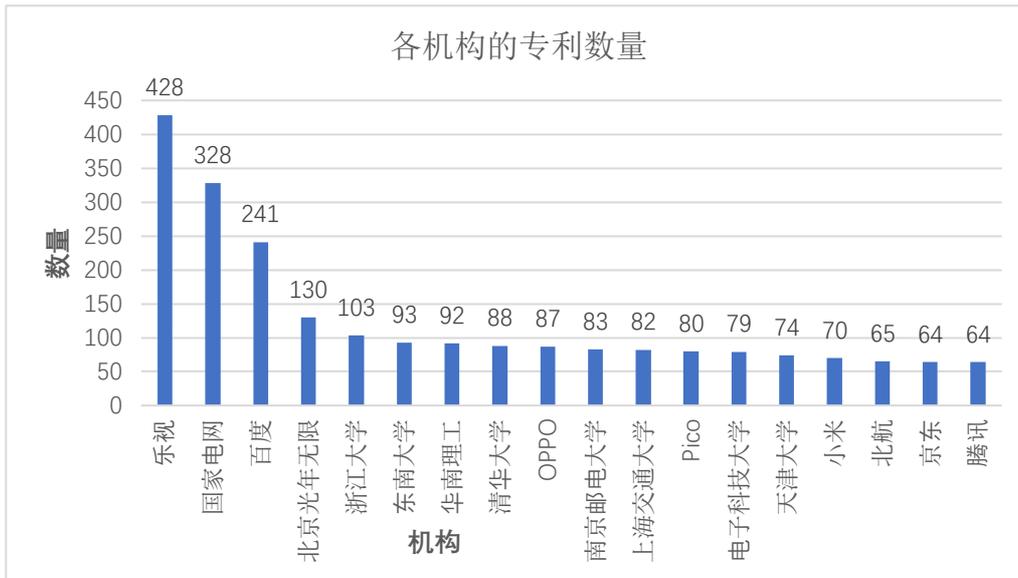


图 13 各机构的专利数量

在 AI 专利的省市地域分布上，专利申请数量最多的三个城市为北京、上海和深圳。具体地，专利申请单位在北京的占比 20.41%，专利申请单位在深圳占比 8.98%，专利申请单位在上海的占比 7.30%。目前，这三个城市是中国 IT 产业最密集的城市，与统计结果相符。

人工智能在中国的应用实践

在人工智能的应用实践方面，国内互联网企业三巨头——百度、阿里和腾讯（简称 BAT）纷纷成立以人工智能技术为核心的研究院，例如百度的深度学习研究院、阿里巴巴和腾讯的人工智能实验室。以 BAT 为代表的中国企业在人工智能特定领域都取得了令人瞩目的应用实践成果。这些成果目前广泛应用于日常生活中，比如交通、银行、电子商务、安保（包括指纹识别、语音识别、人脸识别、虹膜识别和步态识别等）、机器人视觉和导航等日常生活的方方面面。

本节依据中国人工智能领域树，列举了人工智能研究子领域在中国应用实践的成功案例，包括虚拟现实、深度学习应用（包括自动驾驶、无人机）、计算机视觉应用（包括人脸识别）、语音技术（包括语言识别）等方面。在这些应用实践中，中国的语音识别、人脸识别等技术已经处于世界领先地位。

虚拟现实

虚拟现实（Virtual Reality, VR）技术是基于计算机图形学、多媒体技术、计算机仿真技术、人机接口技术和传感器技术发展起来的一门新兴交叉学科。利用

虚拟现实技术可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统，使得用户可以沉浸到三维动态视觉景象和实体行为交互的模拟环境中。虚拟现实技术具有四个主要的特征，包括存在感、交互性、自主性和多感知性。我国虚拟现实技术研究虽然起步晚，与国际发达国家存在一定的差距，但是目前已经受到国家部门和科研学者的高度重视，根据我国的国情，制定并开展了一系列的虚拟现实技术研究计划。

目前虚拟现实在我国的应用实践已经推广到了科研、教育培训、工程设计、商业、军事、航天、医学、影视、艺术和娱乐等众多领域，全面提升了我国人民的日常生活品质。北京小鸟看看科技有限公司（简称 Pico），在虚拟现实技术领域的专利数处于国内领先地位。Pico 现已囊括 110 项已授权专利，范围涵盖图像、声学、光学、硬件与结构设计、操作系统底层优化、空间定位与动作追踪等虚拟现实领域的核心技术。另外，北京小米科技有限责任公司，简称小米，作为国内专注智能硬件和电子产品研发的移动互联网公司在虚拟现实技术领域的应用实践也有诸多创新。2017 年，小米探索实验室研发的小米 VR 眼镜，荣获世界三大最具权威性设计奖项之一的日本优良设计奖。

深度学习应用

目前国内在深度学习应用领域耳熟能详的是自动驾驶和无人机。自动驾驶的实现依赖于深度学习技术的成熟。在传统的“车一路一人”闭环控制方式中，92% 的交通事故是由人为因素造成的，交通堵塞也大多与驾驶员违反交通规则有关。自动驾驶的成功实现将会从根本上改变传统的“车一路一人”闭环控制方式，形成“车一路”的闭环，从而能增强高速公路安全，缓解交通拥堵，大大提高了交通系统的效率和安全性。近几年，自动驾驶研究蓬勃发展，无论是高科技互联网企业还是各大传统汽车厂商相继进入自动驾驶研究领域。2017 年 4 月，百度推出阿波罗计划，开源其自动驾驶平台，在国内以及世界范围内的自动驾驶领域投下一枚重磅炸弹。百度阿波罗计划将针对自动驾驶完成一套完整的软硬件和服务的解决方案，包括车辆平台、硬件平台、软件平台、云端数据服务等四大部分。阿波罗自动驾驶开放平台向百度在汽车行业及自动驾驶领域的合作伙伴提供一个开放的软件平台，帮助他们结合车辆和硬件系统，快速搭建一套属于自己的完整的自动驾驶系统。

无人机早在 20 世纪 80 年代就在军事领域得到了应用，近几年更是成为军事和民用研究的热点，具有重大的军事和经济意义。在中国，大疆创新科技有限公司（简称 DJI），是全球领先的无人飞行器控制系统及无人机解决方案的研发和生产商。通过持续的创新，大疆致力于为无人机工业、行业用户以及专业航拍

应用提供性能最强、体验最佳的革命性智能飞控产品和解决方案。现在无人机已经应用到农业、能源、公共安全、基础设施和建筑等各方面。例如，通过无人机行业应用平台，能源公司可以实时掌控偏远地区的设备状况（包括风力发电站、石油和天然气设备检测、电力巡线和核电站巡检等），及时排除故障隐患，让维护工作更加高效安全。在公共场所的突发事件中，无人机能进行大范围监控和搜索，迅速传递现场情况，提升反应效率，目前已被应用于搜救、消防、救灾和执法等领域。

商汤科技专注于深度学习的原创技术，建立了国内顶级的自主研发的深度学习超算中心，是目前中国一流的人工智能算法供应商。目前，商汤科技已与国内外多个行业的 400 多家领军企业建立合作，包括本田、Qualcomm、英伟达、中国移动、银联、万达、苏宁、海航、中央网信办、华为、小米、OPPO、Vivo、微博、科大讯飞等知名企业及政府机构，涵盖安防、金融、智能手机、移动互联网、汽车、智慧零售、机器人等诸多行业，为其提供基于人脸识别、图像识别、视频分析、无人驾驶、医疗影像识别等技术的完整人工智能解决方案。

计算机视觉

在计算机视觉领域的应用实践中，目前应用最广泛的是人脸识别。人脸识别是指在没有人干预的情况下，系统基于自动采集的人的脸部特征信息进行身份识别的一种生物识别技术。人脸识别的应用领域涉及公安机关和银行系统的身份鉴定及认证、公众场所的视频监控、安全验证系统等。

人脸识别技术从二十世纪六十年代发展至今，人脸识别算法从最初需要依赖操作人员实现人脸灰度图模型，发展到目前全自动三维动态识别，人脸识别技术已经进入了商业实用化的阶段。根据专利分析可知，北京旷视科技有限公司在人脸识别方向具有的专利数处于国内领先地位。旷视科技是目前国内商用案例最多、应用最成熟的专注人脸识别的公司，它为支付宝、中信银行、无锡市公安局等对风控要求非常严苛的机构提供人脸识别服务。旷视科技旗下的 Face++ 是一个提供免费人脸检测、人脸识别、人脸属性分析等服务的云端服务平台。

语音技术

语音是人类沟通和获取信息的手段和方式，智能语音技术在社会的各个领域都拥有广阔的产业化前景。语音技术的核心技术主要包括：语音识别技术、语音合成技术、语音评测技术、声纹语种技术等。中国在语音识别领域已经达到了国际领先水平。在语音识别领域的授权专利中，科大讯飞占据领先地位。科大讯飞

做为中国智能语音产业领导者，在语音合成、语音识别、口语评测、自然语言处理等多项技术上拥有国际领先的成果。科大讯飞作为中文语音交互技术标准工作组组长单位，牵头制定了中文语音技术标准。讯飞输入法的语音识别率目前已达到 98%，手写识别率为业界第一。2017 年，科大讯飞入选全球 50 个最具创新能力的公司并且排名中国第一。

中国人工智能的机遇和挑战

机器学习的出现激发了第三次人工智能研究热潮，深度学习的兴起将第三次人工智能研究热潮推向高潮。随着目前云计算技术和大数据技术等现代计算机信息技术的发展成熟，第三次人工智能研究热潮在中国愈演愈烈。毫无疑问地，目前人工智能研究处于历史上最好的时代，处处充满着生机，给科研界和工业界带来了庞大的机遇。但是，在庆幸处于这样好的时代的同时，我们同样需要时刻保持警醒，避免盲目乐观。在本节，我们列出了目前在中国人工智能研究拥有的机遇，同时也给出了在中国人工智能遭遇的几个方面的挑战。

中国人工智能拥有的机遇

目前，我国正处在全面建设小康社会的决胜阶段，面临着人口老龄化、资源环境约束等众多严峻挑战。政府部门已经将人工智能提升至国家政策层面，在此契机下，人工智能在中国迎来了前所未有的新机遇。本节将从政策层面、技术层面和应用层面三个不同层次分析目前中国实现人工智能的机遇。

1) 政策层面

中国政府高度重视人工智能在国内的发展。习总书记多次强调指出，要加快创新驱动，抓住人工智能技术的发展机遇。李总理在 2017 年政府工作报告中提出要培育壮大人工智能等新兴产业。从 2017 年 7 月 20 日国务院颁发《新一代人工智能发展规划》，到 2017 年 10 月 13 日发改委发布《关于组织实施 2018 年“互联网+”、人工智能创新发展和数字经济试点重大工程的通知》，不到三个月的时间，针对人工智能的国家政策就从战略到执行推进落地。如此高的效率，显示了我国政府在把握人工智能发展机遇方面的决心。

为抓住人工智能发展的重大战略机遇，政策层面已经指出了从以下四个方面构建我国的人工智能科技创新体系：构建新一代人工智能基础理论体系（包括大数据智能理论、跨媒体感知计算理论、混合增强智能理论、群体智能基础理论、自主协同控制与优化决策理论、高级机器学习理论、类脑智能计算理论、量子智能计算理论）；建立新一代人工智能关键共性技术体系（包括知识计算引擎与知

识服务技术、跨媒体分析推理技术、群体智能关键技术、混合增强智能新架构和新技术、自主无人系统的智能技术、虚拟现实智能建模技术、智能计算芯片与系统、自然语言处理技术)；统筹布局人工智能创新平台建设(包括人工智能开源软硬件基础平台、群体智能服务平台、混合增强智能支撑平台、自主无人系统支撑平台、人工智能基础数据与安全监测平台)；加快培养聚集人工智能高端人才(包括培育高水平人才智能创新人才和团队，加大高端人工智能人才引进力度，建设人工智能学科)。

2) 技术层面

本次人工智能研究热潮的兴起源于新兴计算机技术的发展，特别是大数据技术、云计算技术和深度学习技术的发展与成熟。目前成功应用于语音识别、计算机视觉和自动驾驶等领域的人工智能依赖于海量大数据的积累，云计算平台的成熟与开放，以及深度学习技术的突破。从技术层面来看，大数据技术、云计算技术和深度学习技术的成熟应用，直接导致了人工智能在近两年的爆发。基于这三项技术基础技术，人们正在大步迈向解放生产力和变革生活方式的人工智能时代。

在移动互联网的广泛应用和 WEB 2.0 技术的成熟应用背景下，海量数据的迅猛积累并且以几何倍数持续增长，促使数据的高效采集、处理和挖掘。大数据技术能够实时、高效、可视化地处理各种类型数据，使用户按需求获取分析和预测结果。云计算技术通过互联网向用户提供动态的、易扩展的、虚拟化的强大计算资源。借助云计算技术，海量数据能够得到快速存储与管理，计算和分析。数据量越来越大，计算能力越来越强，促使了深度学习技术的出现与成熟。深度学习技术的核心是旨在模拟人脑进行学习分析的多层神经网络，区别于普通的机器学习技术，深度学习不再依赖于人工设计特征，而是从数据中自己学习得到。生成式对抗网络(Generative Adversarial Networks, GAN)的出现对深度学习领域解决实际问题的角度和思路产生了深远的影响。

3) 应用层面

人工智能落地到医疗、教育、金融、家居等，将会为各个行业带来巨大的机遇。人工智能的许多应用正在日益改变人们的生活，促使人们跨入智能时代。在移动互联网技术不断发展和相关应用逐渐成熟的基础上，互联网+人工智能将带动和促进传统产业的转型升级，引领新一轮的科技革命，成为国内经济增长的新引擎。

根据中国的人工智能发展战略目标，到 2020 年人工智能产业成为中国新的增长点，人工智能技术应用成为改善民生的新途径。拓展人工智能在生产生活、社会治理、国防建设各方面应用的广度深度，构建涵盖核心技术、关键系统、支

撑平台和智能应用的产业链和产业群，人工智能核心产业规模超过 1500 亿元，带动相关产业规模超过 1 万亿元。特别是在制造、农业、物流、金融、家居等领域重点开展人工智能应用试点示范，推动人工智能规模和应用，基于人工智能全面提升中国产业发展智能化的水平。

人工智能技术可准确感知、预测、预警基础设施和社会安全运行的重大态势，及时把握群体认知及心理变化，主动决策反应，将显著提高社会治理的能力和水平，对有效维护社会稳定具有不可替代的作用^[7]。把握机遇，人工智能将在中国的城市管理、司法服务、公共安全、教育、医疗、养老等各个领域广泛应用，全面提升中国人民的生活品质，深入而长远地影响人们的生活方式。

中国人工智能遭遇的挑战

虽然关于“人工智能是否能达到人的智能水平？”这个问题在研究界一直存在争议，但是大家都公认“人工智能研究是非常困难的”。人工智能的困难性和不确定性为其发展带来了挑战。麦肯锡全球研究院的报告对全球 800 多种职业所涵盖的 2000 多项工作内容进行分析后发现，全球约 50%的工作内容可以通过人工智能技术实现自动化。人工智能这项影响面广的颠覆性技术，带来了改变就业结构、侵犯个人隐私、冲击法律与社会准则等问题。我国在大力发展人工智能技术的同时，必须高度重视可能带来的风险与挑战。本小节从政策标准、隐私安全和技术难点三方面探讨人工智能面临的挑战。

1) 政策标准

政府出台的政策标准是保证人工智能应用质量和合法性的社会使能支撑。人工智能带来的科技革命在改变人们的生活方式的同时，大量淘汰传统行业劳动力，带来社会就业结构的不稳定。国家在制定人工智能发展战略的同时，必须加强人工智能标准和规范的制定，出台法律法规并制定伦理道德框架保障人工智能朝着健康的方向发展，开展与人工智能应用相关的民事与刑事责任认定，建立追溯和问责制度，明确人工智能法律主体的权利义务和相应的社会责任。特别是在目前广泛应用的虚拟现实、自动驾驶、无人机、人脸识别和语音识别等领域，加快研究制定相关安全管理法律法规，出台研发企业与研发人员的道德规则和行为守则，预先对人工智能应用进行收益和风险的评估，研究突发事件的应对措施。

2) 隐私安全

具有颠覆性和革命性的人工智能技术在侵犯个人隐私、挑战经济安全和社会稳定等方面产生了重要影响。目前针对人工智能的监管制度尚未建立，隐私安全得不到有效保障。在政策标准和监管体系的作用下，建立人工智能对国家安全和

保密领域影响的评估措施，构建安全监测预警机制，出台对数据滥用、侵犯个人隐私、违背道德伦理等行为的处罚措施。人工智能涉及的安全隐私风险存在于数据采集、存储和应用等各方面，随着人工智能技术的进步，从数据到知识的抽取能力也在快速提升，规范隐私安全保护是人工智能技术面临的主要挑战之一。

3) 技术难点

知识表示和情感表现是人工智能突破发展的瓶颈。目前人工智能尚处于弱人工智能时期，例如，主人回家时，机器人会根据当天气温提前打开冷气或暖气，但尚未认知到冷气和暖气对其本身的差别。要想进入强人工智能阶段，必须借助于认知科学的研究，破解自主和情感等意识现象。在传统的心理学科中，认知是指人认识外界事物的过程，或者说是作用于人的感觉器官的外界事物进行信息加工的过程。认知科学旨在研究人脑和心智的工作原理，是一门心理学、计算机科学、神经科学、语言学、人类学等多学科交叉的新兴学科。人工智能要突破知识表示和情感表现的挑战，必须结合认知科学，才能进一步发展到强人工智能阶段。

小结

本节给出了中国人工智能研究的领域分类树。通过详尽的数据分析，从专家、论文和专利三个方面概述了中国人工智能的科研现状。基于统计得到的专利数据，本文列举了中国人工智能在语音识别、人脸识别、自动驾驶和无人机等方面的实践应用。最后，从政策层面、技术层面和应用层面三个不同层次分析目前中国实现人工智能的机遇，从政策标准、隐私安全和技术难点三方面探讨了人工智能面临的挑战。



科技的发展都将会体现在我们的日常生活中，尤其是汽车科技的发展正在改变着整个的汽车产业，也必将影响我们的生活。

2 汽车研究领域

汽车研究领域创新趋势

在汽车技术发展的 100 多年历史中，一些独具一格的发明在汽车发展史上占有突出的地位，梅塞德、福特汽车、雪铁龙、甲壳虫、迷你汽车、多用途厢式车引领了全球汽车的变革。尤其是近年来新能源汽车的发展，以及自动驾驶技术的不断取得突破，在驾驶辅助，Level2 甚至 Level3 的自动驾驶系统开始不断的在量产车中应用。人工智能技术和汽车领域的研究结合的越来越紧密。

2016 年，汽车行业的创新专利数量再次实现增长，增长率为 7%。除娱乐系统外的所有子领域均有增长，尤以可替代能源汽车（13%）、转向系统（10%）和导航系统（9%）增幅最大。可以看出，汽车行业的研发重心仍然聚焦在混合动力、电动和燃料电池等更清洁、低排放的推进系统，以及以导航和转向控制为核心要素的无人驾驶汽车技术。

汽车子领域发明专利情况概览：

%	子领域	2016	2015	变化百分比
23%	可替代能源汽车	42880	37844	13%
11%	导航系统	21568	19753	9%
11%	变速箱	20299	20175	1%
10%	座椅、安全带和气囊	19754	18165	9%
10%	汽车安全	19076	18551	3%
7%	悬挂系统	13431	12827	5%
6%	转向系统	11925	10841	10%
6%	污染控制	10667	10114	5%
5%	安防系统	9217	8627	7%
4%	制动系统	8262	7654	8%
4%	发送机设计与系统	8048	7845	3%
2%	娱乐系统	4591	4659	-1%

图 14 汽车子领域发明专利概览

汽车的子领域发明专利的分布：

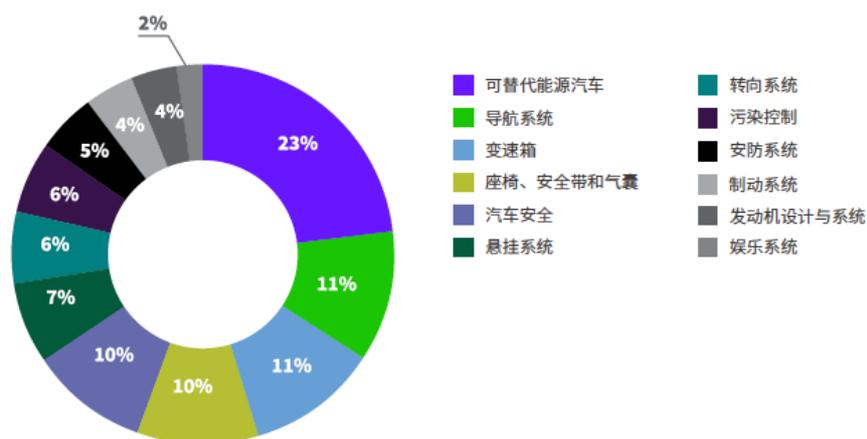


图 15 汽车子领域发明专利分布

汽车领域创新具有全球性，该领域全球排名前十位的创新机构（图 16）有三家来自日本，三家来自德国，两家来自美国，其余两家是亚洲的韩国和中国。榜单上日本不仅占据席位最多，而且位列榜首的是来自日本的丰田汽车，其后依次是现代（韩国）、福特（德国）、博世（德国）和电装（日本），中国的北汽位列第十。

公司	国家 / 地区	发明数量
Toyota (丰田)	日本	3792
Hyundai (现代)	韩国	2714
Ford (福特)	美国	2048
Robert Bosch (罗伯特博世)	德国	2039
Denso (电装)	日本	1965
Volkswagen Group (大众汽车集团)	德国	1922
Honda (本田)	日本	1625
Daimler (戴姆勒)	德国	1551
GM (通用汽车)	美国	1140
BAIC Group (北汽集团)	中国	1106

图 16 全球汽车领域全球排名前十位的创新机构（2016）

丰田继续致力于无人驾驶领域的相关创新，其在地理信息系统、防撞辅助系统和导航辅助系统等方面的发明均有不俗表现。例如，US20160161270 的自动驾驶系统可帮助无人驾驶汽车自动避开十字路口的其他车辆，无需驾驶员干预。JP2016162229 中说明的方法可在驾驶模式从自动驾驶切换为手动驾驶之前检测出驾驶员盲区中的车辆并减慢驾驶速度，以确保驾驶员能够看到其他车辆。

图 17 为 2006~2016 汽车领域在研究论文方面最多产的研究机构。汽车领域最多产的十大研究机构中既有营利性企业，又有学术机构。汽车技术的科学研究

主要集中在美国，占据十大最多产研究机构中的五个席位。剩下五个席位中四个归属欧洲，德国占据两席，法国和意大利占有一席。亚洲则只有印度理工学院入选。

机构	国家 / 地区	论文数量 * (WoS)
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) (国家科学研究中心)	法国	540
General Motors Company (通用汽车公司)	美国	466
University of Michigan System (密歇根大学系统)	美国	321
Forj Motor Company (福特汽车公司)	美国	321
United States Department of Energy (DOE) (美国能源部)	美国	294
University of California System (加州大学)	美国	252
Technical University of Munich (慕尼黑工业大学)	德国	244
Polytechnic University of Turin (都灵理工大学)	意大利	243
Indian Institute of Technology (IIT) (印度理工学院)	印度	230
Daimler AG (戴姆勒股份公司)	德国	217

图 17 汽车领域最多产的机构（2006~2016）

通过 AMiner 系统分析的自动驾驶技术研究领域的发展趋势图看来，Vehicle Routing、Real Time、Controller Design、Vehicle Routing Problem、Adaptive Control、Motion Control 等技术不断的取得新的突破。

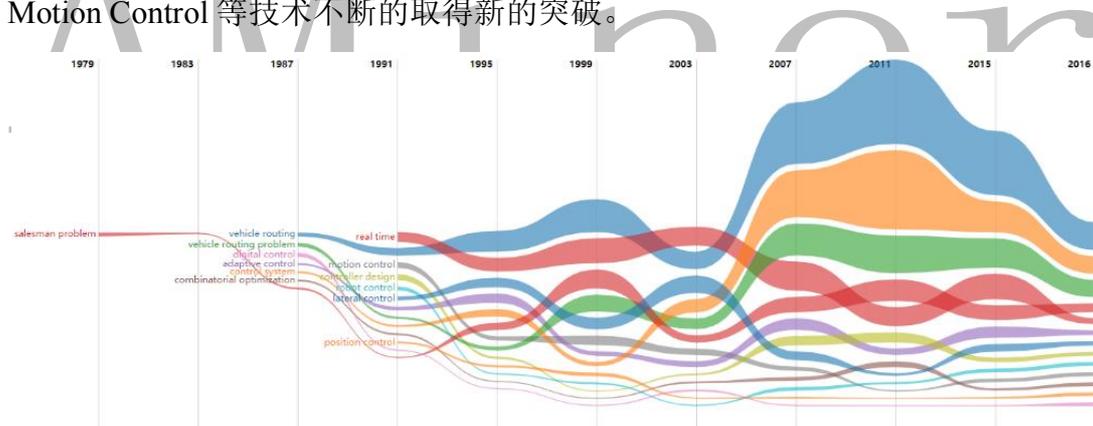


图 18 自动驾驶领域全局发展趋势

汽车研究

全球汽车研究学者数量分布及产业发展

2016 年全球汽车产量达 9497.66 万辆，增速为 4.5%。其中，中国和美国两个单一市场产量超过千万辆。2016 年中国汽车产量为 2811.88 万辆，增长 14.5%，是全球最大汽车产销市场。随后是美国 2016 年产量为 1219.81 万辆，微增 0.8%。根据中商产业研究院整理的的数据，2016 年全球主要汽车国家产量排行榜中，前

五名的国家分别是中国、美国、日本、德国、印度，产量分别为 2811.88、1219.81、920.46、606.26、448.90 万量。

全球汽车领域的研究学者集中分布在中国、日本、美国和德国；其中，中日美三国在汽车方面的研究学者数量更是占据了全球的半壁江山。



图 19 汽车领域学者全球分布

中国汽车领域研究学者数量分布及产业发展

在全球汽车研究发展下，我国汽车产业研究正在积极健康发展。在中国汽车研究学者数量集中分布在湖南、江苏、北京等地。与中国汽车领域研究学者数量分布相对应的是中国汽车产业的布局。中国汽车集团如一汽、上汽、长安、南方工业、东风、北汽等，大多是从上海、湖南、江苏、北京等地发展而来。



图 20 汽车领域学者全国分布

汽车研究流派

有关汽车的研究主要以 N. Rashevsky、Siyun Chen、Ellen A. Esien、Xichun Wang、Vincent Frigant、Sibylle Schwartze-Eidam、Glenn R. Carroll、Geoges Dionne、Wuwei Chen、Ren He 十人为首的流派研究构成。

这些学者的研究兴趣主要集中在 Density Dependence、Automobile Industry、Active Suspension、Automobile Engineering、Regenerative Braking、Simulation、Eye-Current Retarder 等方向。

这些学者同样都在 citation、G-index、H-index、Diversity、Sociability 等方面成绩出色。

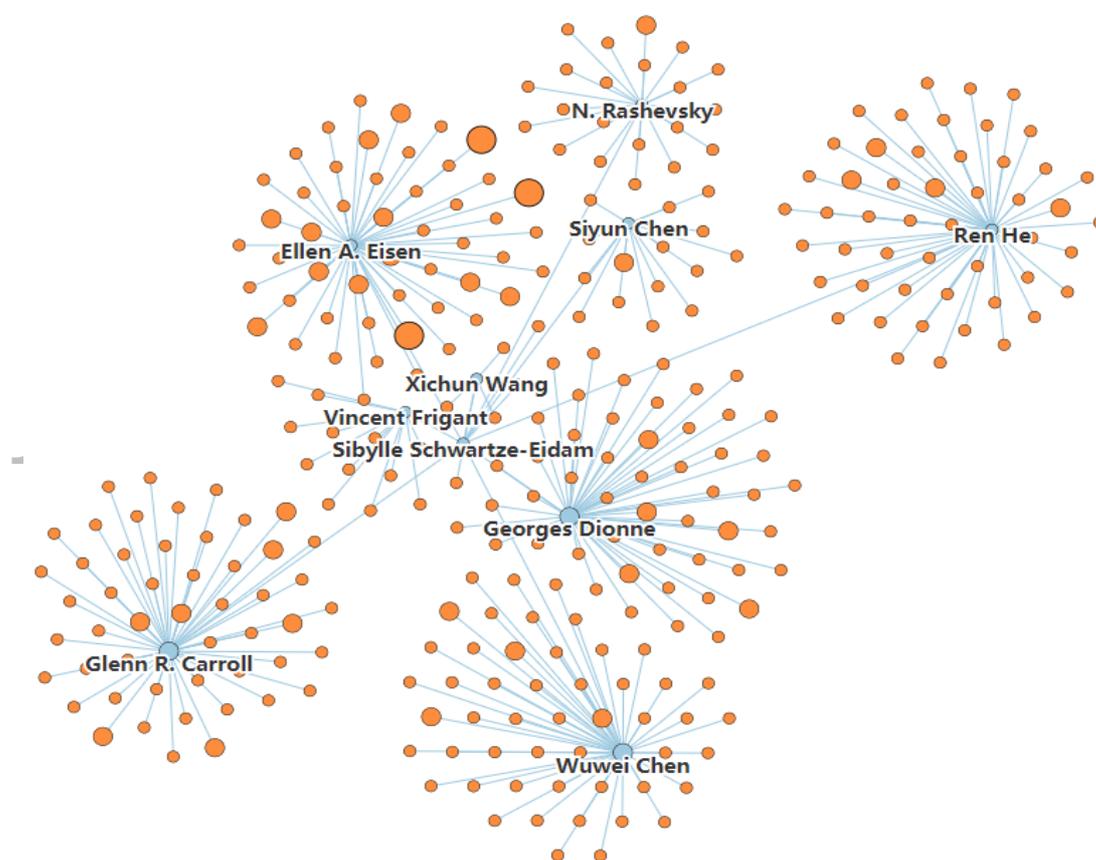


图 21 汽车研究领域的学者关系图谱

活跃度较高的研究学者

在汽车的研究学者中，近期活跃度较高的学者主要是 Hovav Shacham、Weiwei Zhang、Guodong Wang、Liang Wang、Sarit Kraus、Shwetak N. Patel 等人。

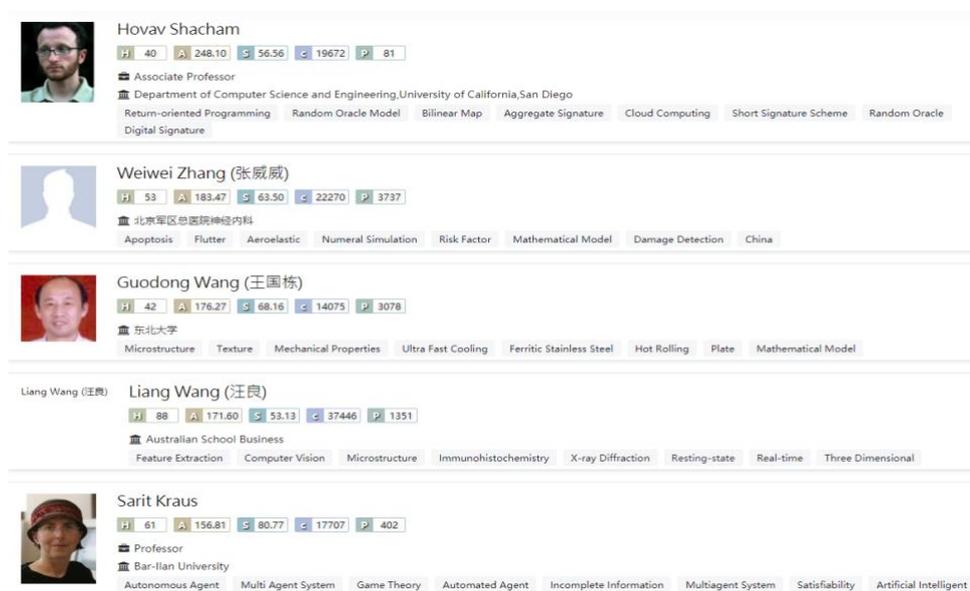


图 22 汽车研究领域高活跃度学者

汽车研究领域发展趋势分析

从全局的热度来看，Cross Wedge Rolling、Active Suspension、Risk Management、Automobile Industry 等是整体关注的热点。

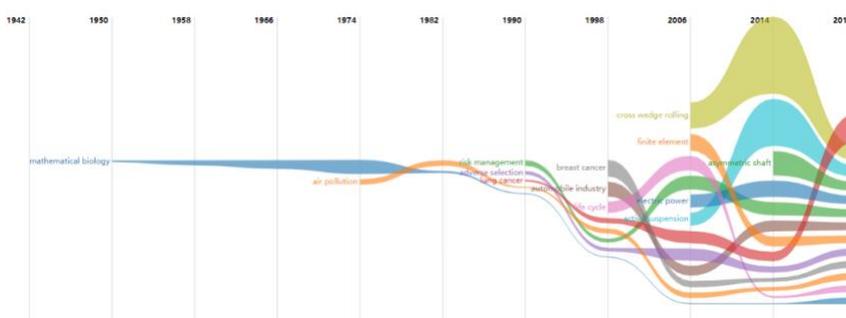


图 23 汽车研究领域发展趋势

近期关注的重点则是集中在 Cross Wedge Rolling、Lung Cancer、Asymmetric Shaft、Transfer Case、Asymmetric Shaft Parts 等领域。

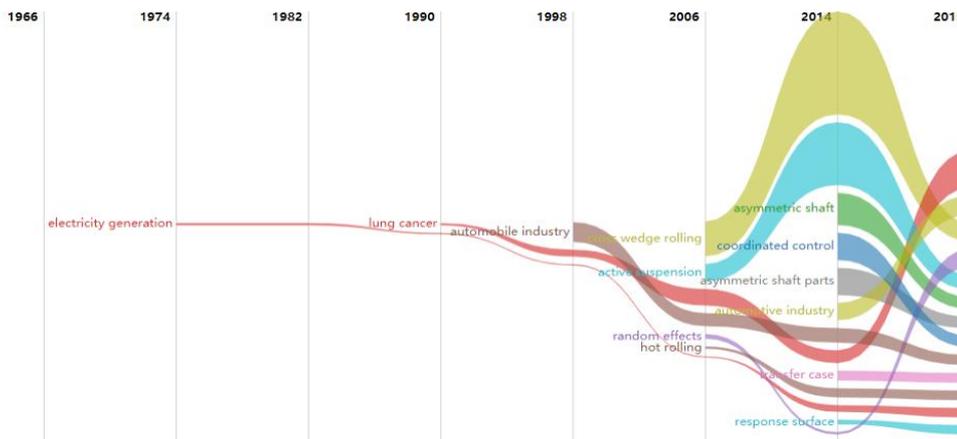


图 24 汽车研究领域近期发展趋势

从数据看来，未来汽车的智能化、环保化、共享化的方向发展。

智能化

ADAS 技术的发展推动了智能汽车的流行。它能帮助在汽车行驶过程中感应周围的环境，收集数据，进行静态、动态物体的辨识、侦测与追踪，并结合导航仪地图数据，进行系统的运算与分析，从而预先让驾驶者察觉到可能发生的危险，有效增加汽车驾驶的舒适性和安全性。

Uber 已宣布与沃尔沃联手推出无人驾驶计划，谷歌、特斯拉、Zoox 等企业也获得美国无人驾驶汽车路试资格。

环保化

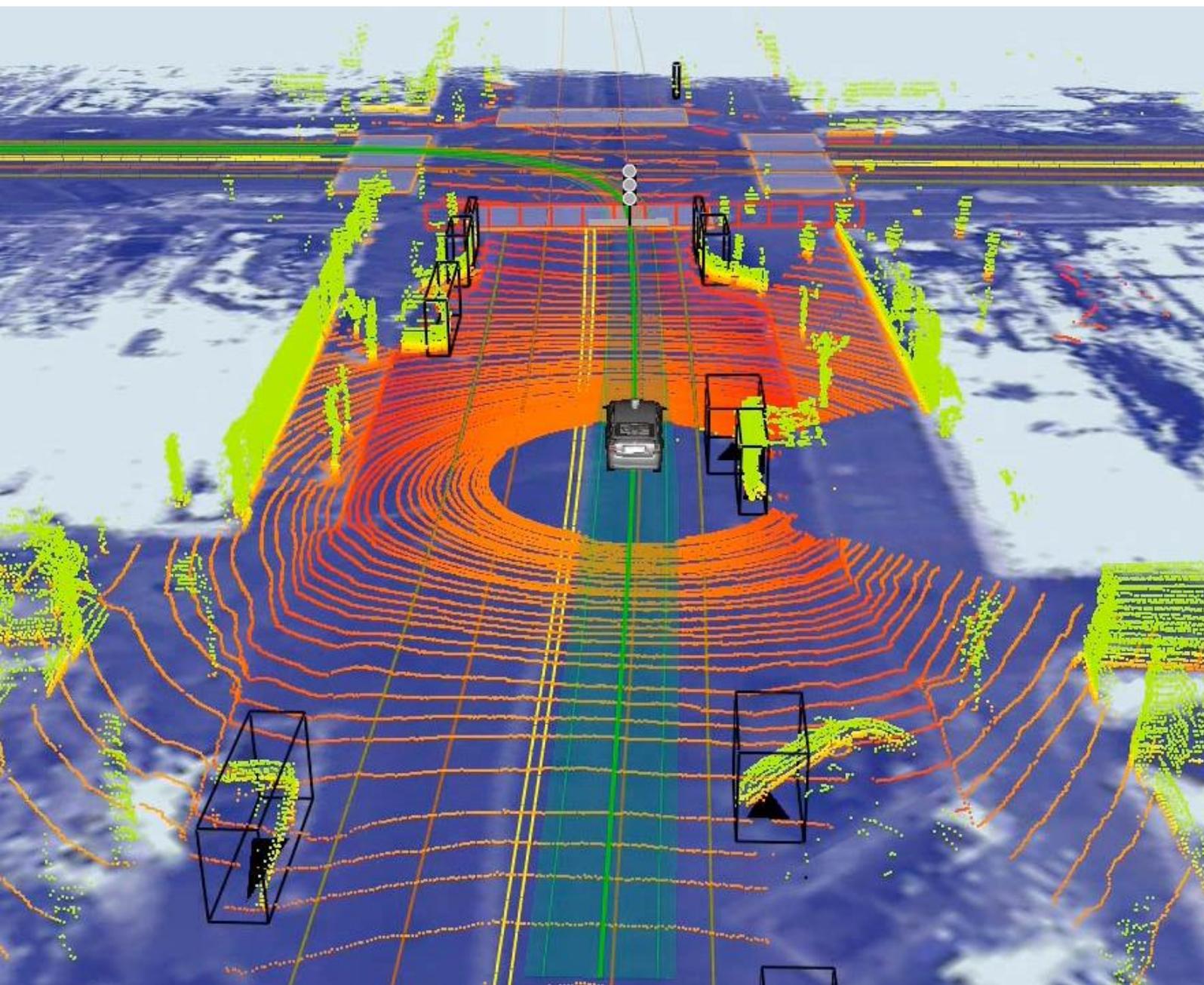
近年来，越来越多的研究学者投入于有关汽车造成的环境污染以及汽车电动化的研究。

据统计，2015 年中国新能源汽车销量达 37.9 万辆，到 2016 年，我国新能源汽车销量有望达到 60 万辆，预估至 2030 年，新能源销量可达 2500 万辆。

麦肯锡的报告中推测，随着电动车经济效益的提高，如果使用方便性接近现在的汽油车，一些大城市的共享汽车销量中，纯电动汽车的销量将会在 2030 年接近 100%。

共享化

据统计，汽车是我们生活中利用率最低的物品之一。汽车共享化的流行实际上是产品的效率提升，是闲置社会资源的再利用，根本上解决的是资源浪费的问题。



宝马、沃尔沃、福特都相继宣布，要在 2021 年至少实现 L4 级别的自动驾驶汽车商用落地；推出 Apollo 自动驾驶软件开发平台的百度，也宣布要在 2021 年实现自动驾驶汽车的商用落地。自动驾驶汽车正在改变汽车产业，也会改变我们的生活。

3 人工智能+汽车

人工智能在汽车领域的运用是人工智能技术的重要组成部分，包括无人车、无人公交和无人配送等。海内外各大企业争相加大人工智能在汽车领域应用的研发投入。尤其是非传统的汽车厂商，包括各大 IT 和互联网公司，以及新兴的公司，比如 Tesla，蔚来汽车等。

代表公司	时间	主要技术	主要产品
谷歌	最早在2009年曝光自动驾驶原型车	谷歌无人驾驶汽车依靠激光测距仪、视频摄像头、车载雷达、传感器等获得环境感知和识别能力，确保行驶路径遵循谷歌街景地图预先设定的路线	谷歌无人驾驶汽车
特斯拉	2003年	主要采用常规的雷达、相机、传感器、摄像头等进行环境感知和识别，通过基于车联网的协同式辅助驾驶技术进行智能信息交互	搭配Autopilot功能的特斯拉Model系列车型
Uber	2016年5月	自动驾驶汽车是由福特和沃尔沃XC90越野车改装而成，汽车上配备了数十个感应器和摄像头、激光、雷达和GPS信号接收器	Uber测试自动驾驶系统是搭配在沃尔沃SUV上。
奔驰	***	利用GPS、雷达，以及摄像头来识别交通信号、行人，以及其他障碍物。	自动公交“FutureBus”
亚马逊	2013年提出无人机送货服务	无人机	无人机送货
京东	***	自动驾驶	无人配送车

图 25 自动驾驶汽车的参与公司

无人驾驶研究

2017年10月，通用汽车计划成为第一家在纽约市测试无人驾驶汽车的公司，以此确立其在无人驾驶领域的领导地位，为无人驾驶的商业化迈出了重要一步。近年来，Google、Tesla、Uber、百度等科技公司一直不遗余力地开发无人驾驶技术。例如，Google研发的无人汽车在道路上累积行驶已经超过3百万英里，且在过去一年时间内，其模拟行驶的里程数也超过了10亿英里。受这些科技公司的影响，传统汽车公司也纷纷加入无人驾驶的研发大潮中。例如，宝马联手英特尔，计划在2017年让40辆宝马无人驾驶汽车

2015年7月，特斯拉首次向用户推送 autopilot 自动驾驶功能；2016年10月，谷歌宣布其研发的无人驾驶汽车已经在电脑的控制下安全行驶了300万公里。在无人公交方面。2016年9月，首辆无人驾驶 Uber 在美匹兹堡上路；人工智能在汽车的其他应用包括进行耕作和收割的农业机械，如度假村、旅游景区、机场、矿区、码头等地接送人等。

开始路测。

无人驾驶的意义无疑是重大的。据统计，仅中国每年因为车辆的交通事故而死亡的人数达 10 万多人，受伤的人数达 200 多万人，而发生纠纷与冲突的人数更高达 600 多万人。其中，约 90% 的事故原因来自于驾驶员的错误，比如：30% 的事故是由于驾驶员醉酒，10% 的事故则是驾驶员分心造成的。无人驾驶能减少由驾驶员操作失误造成的交通事故，同时也为由于身体原因不能驾驶的人驾车出行提供了可能。而且，无人驾驶也能人类从简单、重复的驾驶中解放出来，提高生产力，“延长”生命。

从系统的角度看，无人驾驶技术是一个复杂的，需要软硬件相结合的系统，其框架一般都如图 26 所示。无人车主要分为三个模块：感知模块，高精度地图模块、驾驶行为决策模块。感知模块主要是通过摄像头，激光雷达等传感器来感知周围的环境，为无人车的驾驶提供环境信息支撑。高精度地图模块则为无人车提供精确的定位与全局路径的规划。而驾驶行为决策模块则依据前两个模块提供的数据，由适当的模型来规划驾驶方案，统筹安排无人车的行驶。

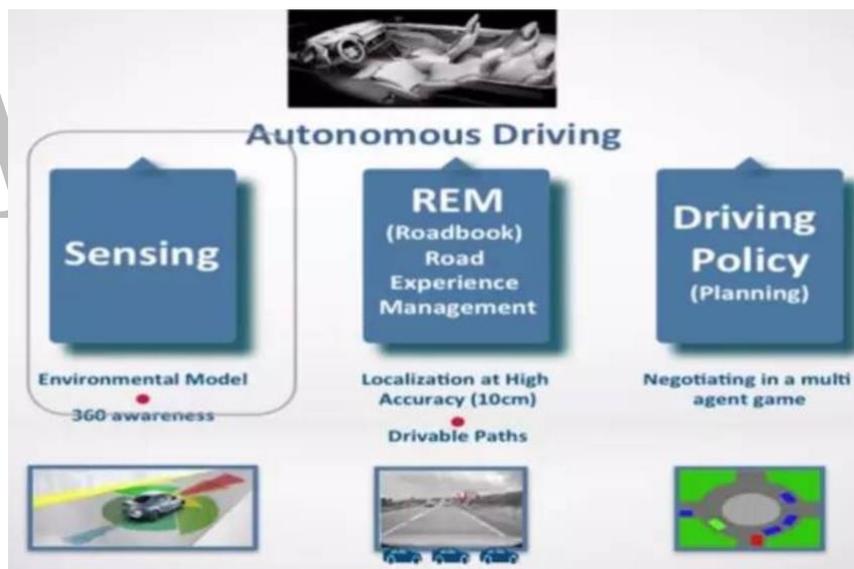


图 26 无人驾驶的基本框架

在麦肯锡的无人驾驶的报告中，提供了无人驾驶领域研究方向和组成部分，如下图所示。

Several elements make up an autonomous driving system.

Elements of autonomous driving system

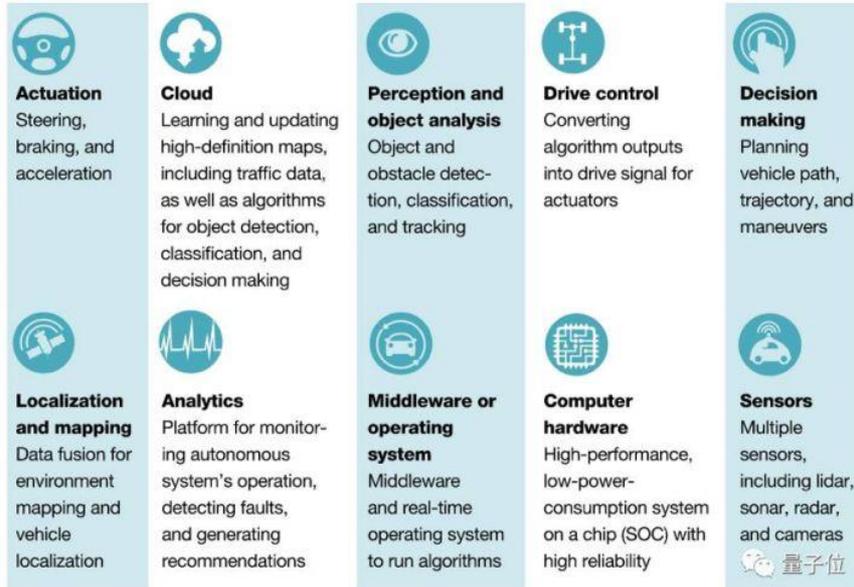


图 27 无人驾驶的研究方向与组成部分

无人驾驶的等级

大多数汽车制造商已经开始承诺，到 2020 年，至少半自动驾驶汽车可以上路。无人驾驶是自动驾驶的终极阶段，美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）和国际汽车工程师协会（SAE）制定的标准，将汽车的自动程度分为五级：

自动驾驶分级		称呼 (SAE)	SAE定义	主体			
NHTSA	SAE			驾驶操作	周边监控	支援	系统作用域
0	0	无自动化	由人类驾驶者全权操作汽车，在行驶过程中可以得到警告和保护系统的辅助。	人类驾驶者	人类驾驶者	人类驾驶者	无
1	1	驾驶支援	通过驾驶环境对方向盘和加速中的一项操作提供驾驶支援，其他的驾驶动作都由人类驾驶员进行操作。	人类驾驶者系统			
2	2	部分自动化	通过驾驶环境对方向盘和加速中的多项操作提供驾驶支援，其他的驾驶动作都由人类驾驶员进行操作。	系统	系统	系统	部分
3	3	有条件自动化	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作。根据系统请求，人类驾驶者提供适当的应答。				
4	4	高度自动化	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作。根据系统请求，人类驾驶者不一定需要对所有的系统请求作出应答，限定道路和环境条件等。				
	5	完全自动化	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作。人类驾驶者在可能的情况下接管。在所有的道路和环境条件下驾驶。	全域			

图 28 无人驾驶的等级

Level 0: 无自动化;

Level 1: 驾驶员辅助。单个辅助驾驶系统能根据驾驶环境信息，以特定模式或者转向，或者执行加速、减速等操作，其他操作都由人类驾驶员完成;

Level 2: 一个或多个辅助驾驶系统能根据驾驶环境信息，以特定模式同时转

向或者加速减速操作，其他操作都由人类驾驶员完成；

Level 3: 有条件自动化。一个自动化驾驶系统，能在动态驾驶中，全面承担驾驶任务，但在系统提出接管请求时，需要人类司机做出回应；

Level 4: 高度自动化。即使在系统提出接管请求时，人类司机不能回应，这类系统也能在动态驾驶中全面承担驾驶任务；

Level 5: 完全自动化。自己开车，在任何道路、任何环境状况下都不需要人类司机的介入。

无人驾驶涉及的新技术

一般而言，无人驾驶系统一般有三大模块。

1) 环境感知模块

无人驾驶汽车是通过传感器来感知环境信息。比如摄像头、激光雷达、毫米波雷达以及工业相机是用于获取环境信息；而 GPS 等用于获取车身状态的信息。当然还需要通过算法提取出有用的信息。

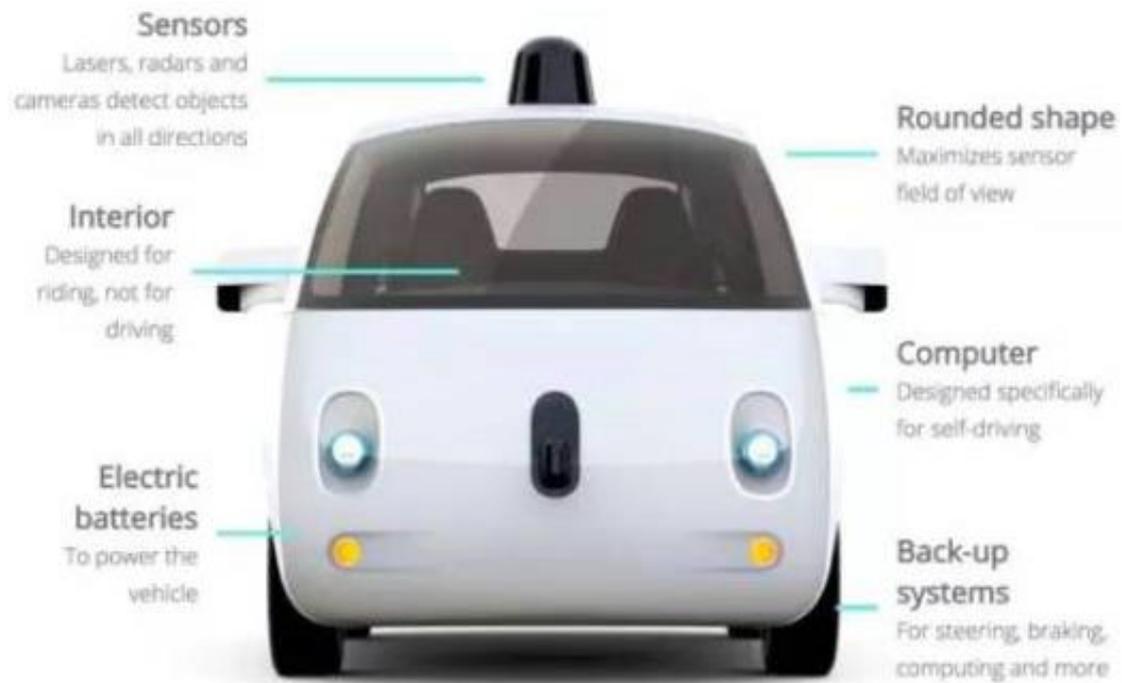


图 29 无人驾驶系统模块（谷歌无人车）

2) 行为决策模块

行为决策是指无人驾驶汽车根据路网信息、获取的交通环境信息和自身行驶状态，产生遵守交通规则的驾驶决策的过程。即规划出一条精密的行驶轨迹，然

后无人驾驶车就可以跟着这条轨迹走。

3) 运动控制模块

运动控制模块是根据规划的行驶轨迹和速度以及当前的位置、姿态和速度，产生对油门、刹车、方向盘和变速杆的控制命令。

无人驾驶的实现路径大概有两大派系，一派是以谷歌为主的互联网公司，一派以特斯拉为首的汽车制造商。

谷歌的蓝图是无人车完全取代人来驾驶，把无人车看成机器人，所以没有方向盘、油门和刹车。

谷歌无人车顶上是约 8 万美元的 64 线激光雷达 (Lidar)。它在高速旋转时发射激光测量与周边物体的距离，再根据距离数据描绘出精细的 3D 地形图，并跟高分辨率地图数据相结合建模，帮计算机做决策。



图 30 无人驾驶案例

这条技术路线的关键是对周围环境的模拟和 3D 地图数据，而谷歌在这方面有深厚的积累。

而特斯拉的计划是从机器辅助驾驶进化到完全自动驾驶。所以技术上逐步实现自动刹车、定速巡航、自适应巡航等，最终完全自动驾驶。

特斯拉 Model S 主要是靠摄像头结合计算机视觉，特斯拉辅助驾驶使用的硬件包括前置摄像头、前置雷达(相对廉价的毫米波雷达)、12 个超声波传感器，目前没有使用高精度地图。

简单的说前者 (Google 无人车) 更重定位，是高精度定位+高精度地图+识别，偏机器人的方案，后者更重视识别 (低精度定位+低精度地图+高准确率识别)，

后者接近于人开车，人开车不需要高精度地图。

那么自动驾驶汽车涉及哪些技术呢？下面是一部分通用的技术。

无人驾驶的决策模型

行为决策是指根据路网信息、获取的交通环境信息和自身行驶状态，产生遵守交通规则驾驶决策的过程。学术界的一个解决方案是用现在很火的深度学习，来实现模仿性学习（Behavioral Cloning），但是可靠性上可能有问题，实际应用中还是会有大量的规则等方式。

1) 识别并躲避障碍物

这个问题的解决方案是传感器融合算法，利用多个传感器所获取的关于环境全面的信息，通过融合算法来实现障碍物识别与跟踪和躲避。

根据周边信息，在地图上定位车辆。在地图上定位汽车，这一块实现的差异很大。由于民用 GPS 误差过大，不能直接用于无人驾驶。有一类定位是通过激光雷达使周围物体和自车的距离的精度达到厘米级，配合三维地图数据可以将车辆定位至几厘米至十几厘米的程度。还有一类通过计算机视觉的方案来定位，也就是（SLAM）。

2) 从相机中识别行人

从相机中识别行人是一个计算机视觉问题，需要利用摄像机识别出物体，在这里指人。

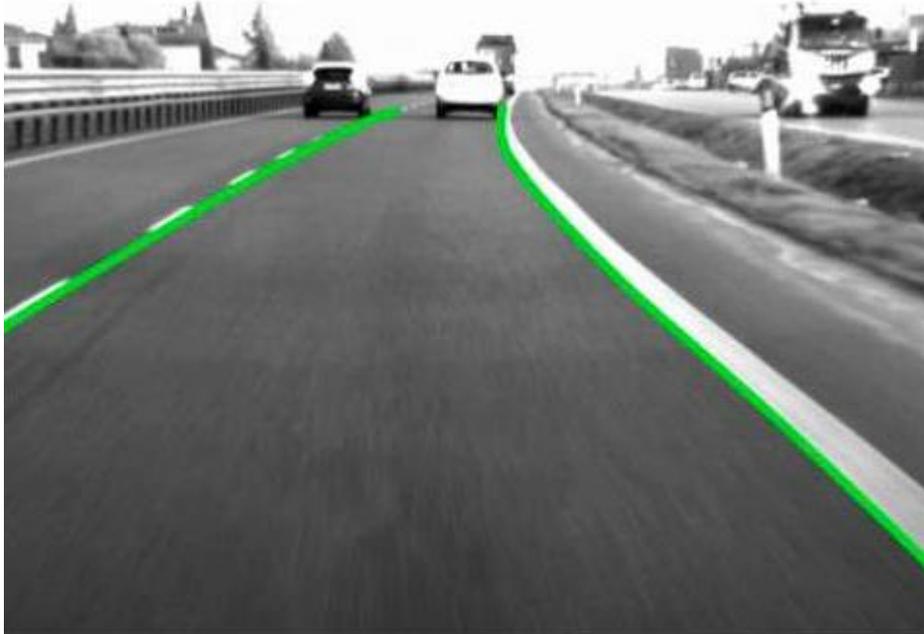


图 31 车道识别

3) 车道识别

车道识别也是计算机视觉问题,有道路线检测算法。简单的方法有颜色选择,切图 (ROI, Region of Interest Selection), 灰度处理, 高斯模糊, 边缘检测和霍夫变换直线检测。如果能够识别一张图片中的道路线, 那么对于行驶中的车辆上摄像头实时采集的图像也可以实时分析。

高级的道路线检测需要计算相机校准矩阵和失真系数对原始图像的失真进行校正; 使用图像处理方法, 将图像进行二值化处理; 应用透视变换来纠正二值化图像 (“鸟瞰视图”); 检测车道并查找确定车道的曲率和相对于中心的车辆位置; 将检测到的车道边界扭曲回原始图像; 可视化车道, 输出车道曲率和车辆位置。

4) 交通标志识别

无人车也是要懂得交通规则的, 所以识别交通标志并根据标志的指示执行不同指令也非常重要。这也是个计算机视觉问题, 可以用深度学习 (卷积神经网络) 的方法来完成。



图 32 交通标志识别

5) 车辆的自适应巡航控制

车辆的自适应巡航控制 (ACC) 是在定速巡航控制的基础上, 通过距离传感器实时测量本车与前车的距离和相对速度, 计算出合适的油门或刹车的控制量, 并进行自动调节, 这一块有不少成熟的方案。

6) 让汽车在预定轨迹上运动

让汽车在预定轨迹上运动是机器控制和规划问题, 比如在躲避突发障碍之后

动态路线规划。

2018年3月20日凌晨，全球出现首例在自动驾驶模式下运行的自动驾驶车辆导致人员死亡。该事件的发生一定程度上是对无人驾驶商用信心的打击，并说明了现有无人车测试的四大关键系统的不足。在无人车测试时，以下极大系统在检测障碍物或者行人时产生重要作用。

1) 车顶激光雷达

车顶部的桶形物品，可以每秒多次产生汽车周围环境的3D图像。利用红外激光脉冲将物体反射回传感器，激光雷达可以在白天或夜晚非常详细地检测静电和移动物体。

2) 前置雷达

这些雷达使用的是无线电波而不是光，因此更能抵抗干扰，因为无线电可以穿过雪和雾，但也会降低其分辨率并改变其射程曲线。具体要看Uber采用的雷达单元（可能在正面和背面有多个以提供360度的覆盖范围），范围可能有很大差异。如果它是为了补充激光雷达，那么它可能会相当重叠，但它更多地用于识别其他汽车和更大的障碍物。

3) 长短距的光学摄像机

激光雷达和雷达非常适用于鉴别形状，但它们不适合阅读标志，弄清楚是什么颜色。这是可见光相机的任务，它拥有先进的计算机视觉算法，能够实时在其图像上运行。Uber车辆上的摄像头可以看到前面刹车的车辆（突然红灯），交通信号灯，过街行人等信息模式。尤其是在汽车的前端，会使用多个角度和类型的摄像头，以便全面了解汽车驾驶的场景。

4) 安全驾驶员

安全驾驶员是无人车安全系统中的重要一个部分，也是无人车上路必备的。技术的积累验证是缓慢的，无人驾驶要实现真正的商业化运用还需要进一步思考如何解决不同场景下障碍识别的具体应用。

无人驾驶人才库

2017年12月5日，AMiner发布自动驾驶人才库。本次发布统计了自动驾驶领域全球中有影响力的学者及其团队共计500人。该学者库是通过AMiner系统中智能分析算法自动分析该领域的顶级刊物和有影响力的论文，并计算出的有影响力的学者名单。

学者库涵盖了全球重要的无人驾驶领域的专家信息，同时也包含了CMU, UMICH, Stanford, OSU, Tsinghua, SJTU等知名高校的自动驾驶实验室，以及Intel,

Mobileye 等公司的专家和学者。

在所有的专家中，中文专家占了 40%，其次是英语、希腊语和德语。其中，密歇根大学的彭晖，西交大郑南宁教授，清华大学张毅教授等国内学者都被收录。

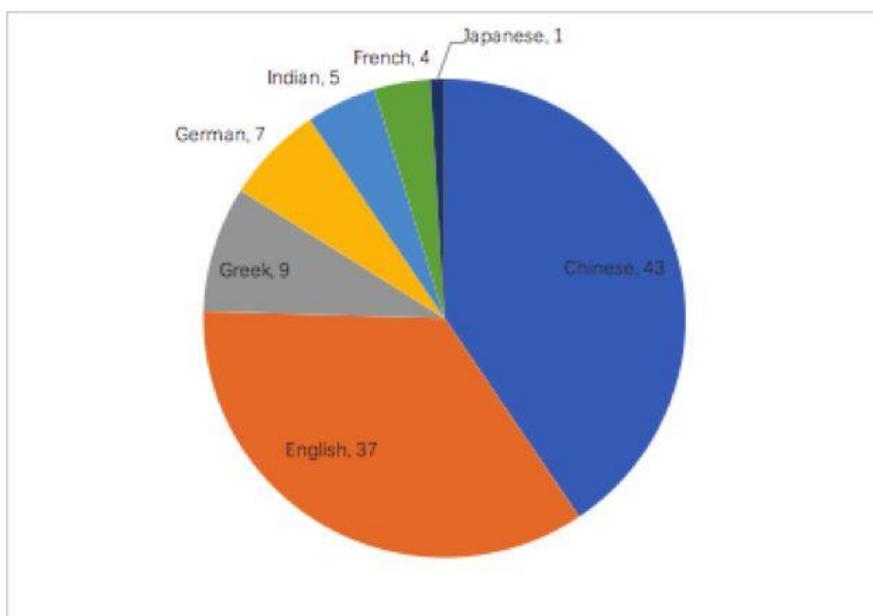


图 33 无人驾驶领域研究学者语言区分布

自动驾驶领域的专家主要分布在美国，欧洲，由于科技公司和研究机构等非车企的介入，美国西海岸成了研究最活跃的地区。之所以是美国西海岸，原因之一是由于自动驾驶领域的技术核心是传感器芯片和算法原，另外，互联网和科技公司的介入，比如 Google, Intel, Nvidia 等。



图 34 无人驾驶领域研究学者全球分布

从国家统计来看美国是自动驾驶科技发展的核心，几乎涵盖了一半的专家。中国的人数仅排在美国之后。欧洲的专家主要在意大利、法国和德国。

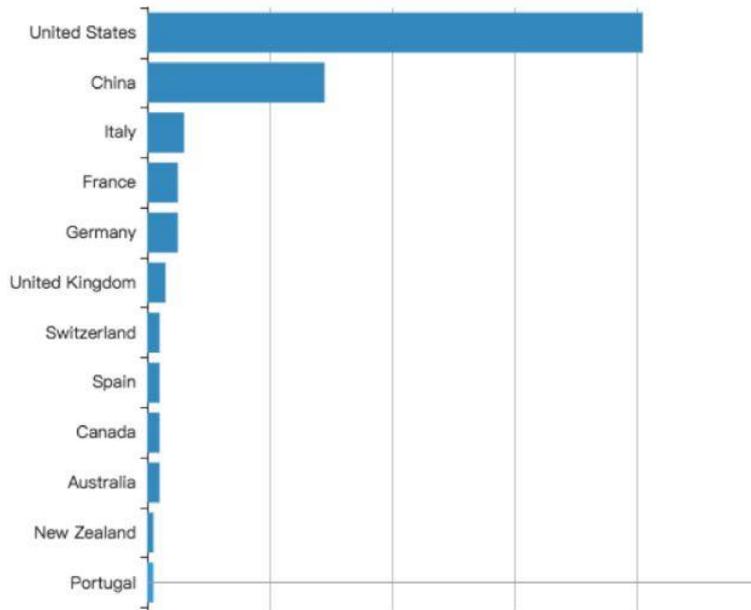


图 35 无人驾驶领域研究学者国家分布

从学者的分布区域来看，美国西部是自动驾驶领域人才的聚集地。中国，美国东部，西欧排在其后。

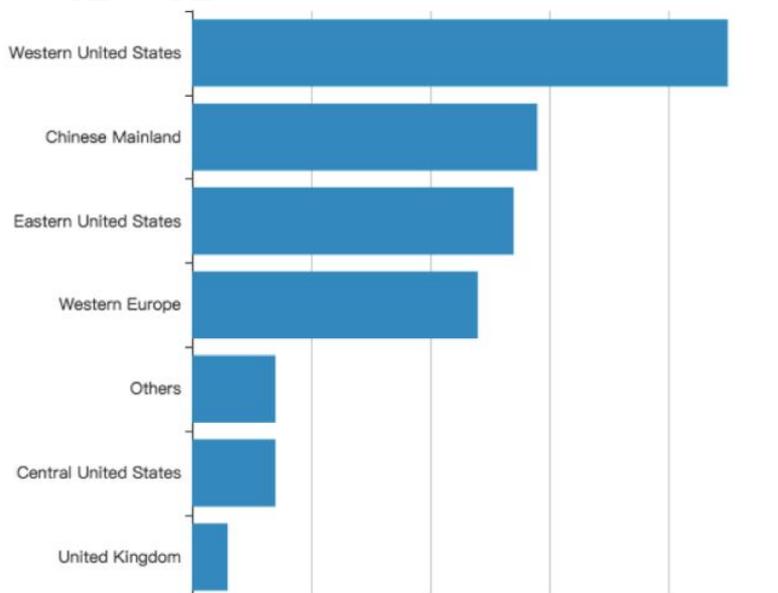


图 36 无人驾驶领域研究学者区域分布

无人驾驶人才库收入的部分专家的主要情况如下：



Sebastian Thrun

Computer Science Department, Stanford University
Research Professor

Sebastian Thrun

Sebastian Thrun 教授现在 Computer Science Department, Stanford University 工作，研究兴趣主要在 Mobile Robot、Path Planning、Navigation、Probability。Sebastian Thrun 发表 546 篇 Paper, 在 Citation、H-index、G-index、Diversity 和 Sociability 方面表现较为出色，近两年参加的活动较少。与他相似的研究人员有 Wolfram Burgard、Dieter Fox、Michael Montemerlo、Joelle Pineau、David Stavens 等。



Deyi Li (李德毅)

总参第61研究所
研究员, 副所长, 中国人工智能学会理事长

李德毅 (Deyi Li)

李德毅教授是中国工程院院士、欧亚科学院院士，指挥自动化和人工智能专家。中国指挥和控制学会名誉理事长，中国人工智能学会理事长。李德毅教授参加了多项电子信息系统重大工程的研制和开发；最早提出“控制流—数据流”图对理论和一整套用逻辑语言实现的方法；证明了关系数据库模式和谓词逻辑的对等性；提出云模型、云变换、云推理、云控制等方法用于不确定性认知和云计算，在智能控制“三级倒立摆动平衡”实验和智能驾驶中取得显著成效。获国家和省部级二等奖以上奖励 9 项，获得 10 项发明专利，发表论文 130 多篇，出版中文著作 5 本、英文专著 3 本。



Roland Siegwart

Swiss Federal Institute of Technology
professor

Roland Siegwart

Roland Siegwart 教授在 Swiss Federal Institute of Technology 工作，研究兴趣主要在 Robot Navigation、Mobile Robots、Motion Planning、Fault Diagnosis、Robotic Mapping。Roland Siegwart 发表了 794 篇 Papers。



Martial H. Hebert

📍 The Robotics Institute, Carnegie Mellon University
👤 Professor

Martial H. Hebert

Martial H. Hebert Professor 在 The Robotics Institute, Carnegie Mellon University 工作，研究兴趣主要在 Computer Vision、Object Recognition、Mobile Robots、Image Segmentation、Layout。Martial H. Hebert 发表了 361 篇 Papers。



Feiyue Wang (王飞跃)

📍 Institute of Automation, University of Chinese Academy of Sciences
👤 研究员, 中国自动化学会 副理事长, 中国自动化学会 秘书长

王飞跃 (Feiyue Wang)

王飞跃教授现为复杂系统管理与控制国家重点实验室主任、青岛智能产业技术研究院院长、中国科学院自动化学会副理事长兼秘书长，研究兴趣主要 Intelligent Systems、Artificial Intelligence、Intelligent Transportation Systems、Social Computing 和 Control Systems。Feiyue Wang 发表了 732 篇 Papers。



Nanning Zheng (郑南宁)

📍 西安交通大学, 人工智能与机器人研究所
👤 教授, 中国自动化学会 理事长

郑南宁 (Nanning Zheng)

郑南宁教授是中国自动控制领域专家、中国工程院院士，现在是中国自动化学会理事长，曾在西安交通大学，人工智能与机器人研究所工作。研究兴趣主要在 Artificial Intelligence、Image Segmentation、Image Processing、Computer Vision、Feature Extraction。Nanning Zheng 发表 753 篇 Paper，在 Diversity 和 Sociability 方面表现较为出色，近两年参加的活动较多。与他相似的研究人员有 Yuehu Liu (刘跃虎)、Fang Dai (戴芳)、Youbai Xie (谢友柏)、Zaide Liu (刘在德)、Chenyang Ge (葛晨阳) 等。

 <p>Yi Zhang (张毅)</p> <p>清华大学自动化系系统工程研究所 教授</p>	<p>张毅 (Yi Zhang)</p> <p>张毅教授在清华大学自动化系系统工程研究所工作，研究兴趣主要在 Traffic Flow、Automation、Road Traffic、Intelligent Transportation Systems 和 Data Mining。张毅教授共发表了 127 篇 Papers。</p>
--	--

无人驾驶产业

自动驾驶汽车的商用

随着各大科技公司和传统汽车厂商对于无人驾驶技术的研发投入，纷纷给出了自动驾驶汽车的商用时间表。从宣布的计划来看，百度、谷歌、特斯拉等科技公司更注重 L4、L5 级别的无人驾驶技术，而宝马、长安等汽车厂商在 2020 年前后推出的无人车可能只有 L3 级别。

增强学习在无人驾驶中的应用

无人驾驶中最重要、最具挑战的模块就是行为决策，而随着深度增强学习的兴起，越来越多的公司和研究者把增强学习应用到无人车的行为决策中，并取得了不错的效果。著名的机器学习方案提供商 Mobileye 公司就是其中的典型代表，根据其最新发表的论文^[8]，其设计的车辆模型已经能自如地应对一些复杂的交通任务，例如：双向通道变线、复杂十字路口等场景。

在文献^[8]中，Mobileye 将行为决策分解成两个部分，可学习部分和不可学习部分，可学习部分是由增强学习^[9]来决策行驶需要的高级策略，不可学习部分则是按照这些策略利用动态规划来实施具体的路径规划。

具体来说，可学习部分是将无人车所处的环境映射成一系列抽象策略的过程。Mobileye 人为设计了一张策略选项图 (Option Graph)，如图 37 所示，主要包含了无人车的加减速、转向、以及对周围车辆的反应。其用策略网络 (Policy Network) 来选择合适的应对选项。所谓策略网络是指在给定车辆环境，评估每一种应对的可能影响，从而选择最合适的策略。

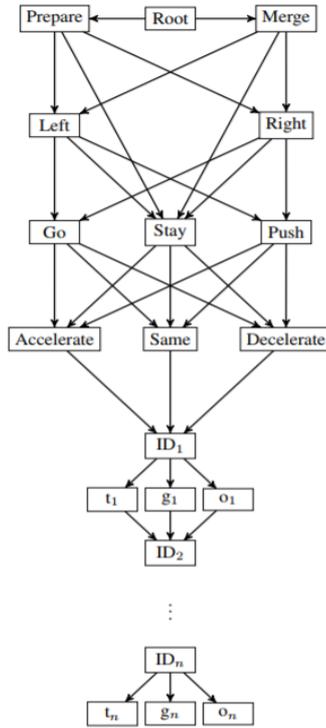


图 37 策略选项图的示例

在具体算法上，对于选项图中的每一个节点，Mobileye 都用单独的深度神经网络（DNN）来表示该节点的策略网络，网络结构的区别在于每个节点的输入与输出的不同所带来的变化。而策略网络则是采用增强学习的方法来训练，即用一个“回报”（安全完成任务是 1，出现意外是-1）来评估每一个策略的最终影响，从而通过梯度下降来让策略网络的评估逼近这一“回报”。

而不可学习部分则是将学习到的抽象策略转化成对车辆的实际控制动作。该部分主要对车辆动作进行具体规划，检查抽象策略是否可执行，或者执行满足策略的动作，这样能充分保证系统的安全性。

增强学习在无人驾驶中的优势

传统基于规则的驾驶决策系统，往往只能采取非常保守的驾驶策略，需要人为设计精妙的规则来应对各种复杂情况。一旦设计的规则有所疏忽，后果将不堪设想。此外，传统的方法假设无人车为驾驶环境中的唯一智能体，其他车辆、行人均是障碍物，忽视了车辆之间、车辆与行人之间的互动性。而增强学习则从人类的驾驶样本（包含了成功样本和失败样本）中学习相应的策略抉择，并能将决策泛化到类似的驾驶情景中。同时，增强学习将无人驾驶拓展成多智能体决策的问题，考虑了车辆之间的交互。

在无人驾驶中，深度增强学习等方法饱受争议的主要原因在于模型的难以解释性。策略决策都是由神经网络完成，即无人车的操控（车速、转向等）完全由一个黑箱模型输出，无法解释其推理过程，一旦系统发生故障也难以进行针对性的改进。而人为构建选项图之后，每个决策细分成对应动作，再由神经网络控制，决策的整个推理过程的可解释性大大增强。

增强学习在无人驾驶中的未来

目前，无人驾驶中的增强学习算法主要依赖于模拟器进行训练和验证，其结果能否在真实环境中得到复现，还需要感知模块的正确输出。在有限的计算资源下，如何高效地识别和定位车辆、行人、交通线路等环境因素？如何在漏检误报的情况下依然保证车辆的稳定与安全？同时，Alpha Zero^[10]战胜 Alphago^[11]的工作也进一步启发我们：是否人类的驾驶操作就一定是最佳的？无人驾驶中的增强学习算法能否也从零开始，“无”中生“有”？这些问题仍然需要广大的科研工作者和工程师的共同努力。

最后，相信在可预见的将来，无人驾驶将会把人类从低效、重复的驾驶中解放出来，让人类用更多的时间、更多的精力去思考与解决其他问题。期待这一天的到来。

交叉创新笛卡尔智能分析

通过对人工智能领域与汽车领域的知识图谱的计算，再对两领域的细分子领域进行笛卡尔乘积进行热点挖掘，本报告挖掘了历史数据和未来趋势预测两部分内容。其中历史数据主要探讨最近 10 年（2007 年至今）的研究状况；趋势预测仅以未来 3 年为周期来探讨。

领域交叉热力值由交叉研究的论文的 citation 等数据加权计算得出，热力值越高，表明这个两个交叉子领域交叉研究的越深入和广泛。

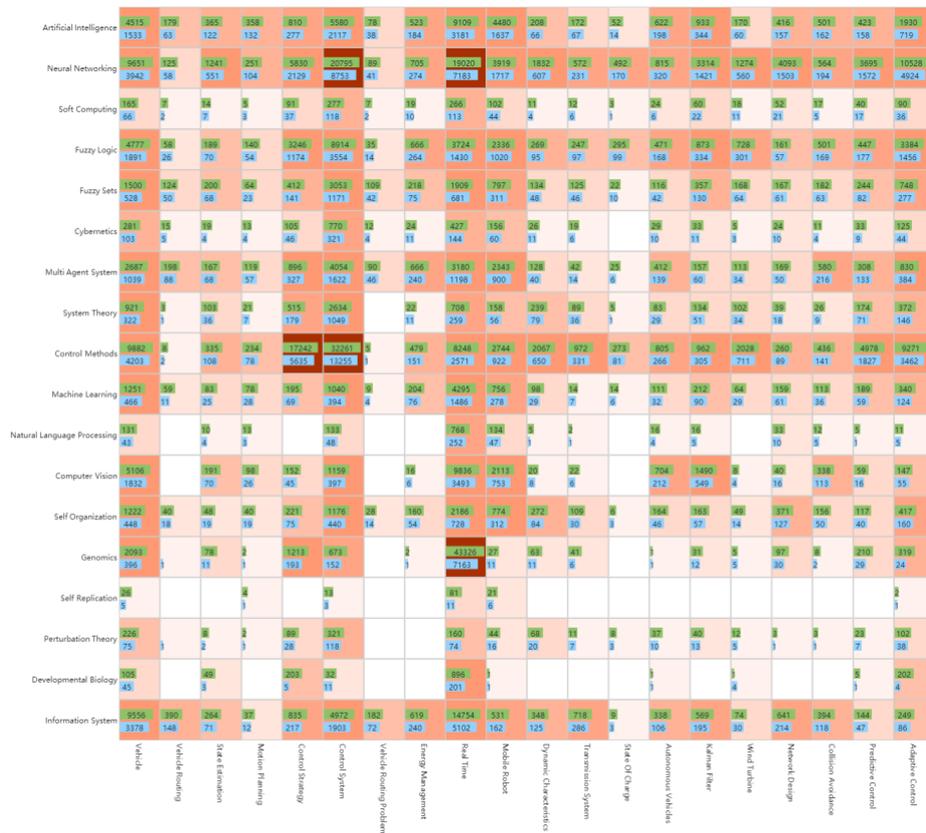


图 38 人工智能和汽车研究领域交叉分析

根据交叉热力分析的结果，近十年内，热度最高的交叉热点是：

1. Genomics (AI) & Real Time (Vehicle)
2. Control Methods (AI) & Control System (Vehicle)
3. Neural Networking (AI) & Control System (Vehicle)
4. Neural Networking (AI) & Real Time (Vehicle)
5. Control Methods & (AI) Control Strategy (Vehicle)

未来三年内，我们预测热度较高的热点是：

1. Genomics (AI) & Real Time (Vehicle)
2. Control Methods (AI) & Control System (Vehicle)
3. Neural Networking (AI) & Real Time (Vehicle)

这些仍是目前热点的延续，这样的分析结果一定程度上说明了未来三年内，人工智能在自动驾驶技术的运用将持续火爆。如图 39 所示。



图 39 人工智能和汽车领域发展趋势预测

历史热点分析

过去十年内，AI 领域与汽车领域的交叉运用主要集中在 Control Methods、Neural Networking、Genomics 与 Control Strategy、Control System、Real Time 的交叉运用，其中 Control Methods (AI) & Control System (Vehicle) 与 Genomics (AI) & Real Time (Vehicle) 在短短十年之内实现了飞速的发展。

下面就最热的交叉领域做一分析。

Genomics (AI) & Real Time (Vehicle)

这一交叉领域研究的主要学者有：

表 4 Genomics (AI) & Real Time (Vehicle) 主要研究学者

姓名	H-index	论文数	职称	单位
David Botstein	100	361	professor	Princeton University
Hongjie Dai	129	321	Professor	Stanford University, Department of Chemistry
Rudolf Jaenisch	97	405	Professor	Massachusetts Institute of Technology
H. Eugene Stanley	126	810	Professor	Center for Polymer Studies and Department of Physics, Boston University
James M. Tiedje	103	324	Distinguished Professor and Director	Michigan State University

这一交叉领域的代表性论文有：

表 5 Genomics & Real Time 主要研究论文

论文名称	citations	作者
microRNAs as oncogenes and tumor suppressors.	2043	Baohong Zhang, Xiaoping Pan, George P. Cobb, Todd A. Anderson
Optical rogue waves	1365	D. R. Solli, C. Ropers, P. Koonath, B. Jalali
Nonhybrid, finished microbial genome assemblies from long-read SMRT sequencing data.	1288	Chin Chen-Shan, Alexander David H, Marks Patrick, Klammer Aaron A, Drake James, Heiner Cheryl, Clum Alicia, Copeland Alex
Cyclin G1 is a target of miR-122a, a microRNA frequently down-regulated in human hepatocellular carcinoma.	805	L. Gramantieri, M. Ferracin, F. Fornari, A. Veronese, S. Sabbioni, C.-G. Liu, G. A. Calin, C. Giovannini, E. Ferrazzi, G. L. Grazi, C. M. Croce, L. Bolondi, M. Negrini
MicroRNA miR-21 overexpression in human breast cancer is associated with advanced clinical stage, lymph node metastasis and patient poor prognosis.	712	Li-Xu Yan, Xiu-Fang Huang, Qiong Shao, Ma-Yan Huang, Ling Deng, Qiu-Liang Wu, Yi-Xin Zeng, Jian-Yong Shao

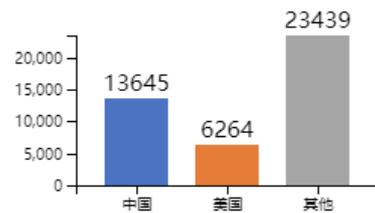
研究领域领先的国家分别是 China、USA、Japan、Germany、United Kingdom、Italy、Australia、Canada 及 Netherlands 等。

全球主要的研究机构有：

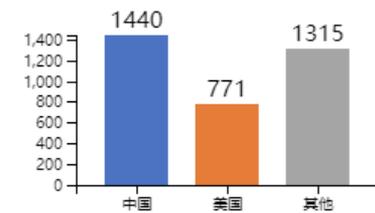
1. Zhejiang University, Hangzhou, China
2. Sun Yat-Sen University(Zhongshan University, Sun Yat-Sen University), Guangzhou, China
3. Chinese Academy of Agricultural Sciences Beijing, China
4. Shanghai Jiaotong University, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China
5. Nanjing Agricultural University, Nanjing, China

在这一领域，中国的研究机构数量、人员数量、论文数量以及论文影响远远超过美国，研究成果的影响力占据了全球的半壁江山。

中美研究人员对比



中美研究论文对比



中美论文影响对比

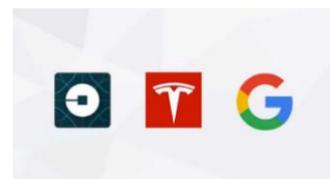


未来趋势分析

未来三年内，AI 与汽车领域的交叉运用主要集中在 Genomics、Control Methods 与 Control Strategy、Control System、Real Time 的交叉运用。Genomics (AI) & Real Time (Vehicle) 将继续成为研究的重点。

无论是 Control Methods (AI) & Control Strategy (Vehicle)、Control Methods (AI) & Control System (Vehicle) 还是 Genomics (AI) & Real Time (Vehicle)，都使用 AI 进行汽车的数据收集与驾驶决策。未来的研究热点集中在这三个领域一定程度上说明了未来自动驾驶将热度不减。

作为行业的代表，特斯拉、Uber 和 Google 这三个力量结合在一起，推动了产品和需求的跨越式发展，整个行业进入了新的变革点。人工智能的发展为汽车的变革注入了更具想象力的未来。【End】



参考文献

- [1] 陆汝钤. 人工智能, 上册[M]. 科学出版社, 1989.
- [2] Rosenblatt F. The Perceptron: A Probabilistic Model For Information Storage And Organization In The Brain.[J]. Psychological Review, 1958, 65(6):386.
- [3] Mccarthy J, Minsky M L, Rochester N, Et Al. A Proposal For The Dartmouth Summer Research Project On Artificial Intelligence[J]. Journal Of Molecular Biology, 2006, 278(1):279-289.
- [4] <https://www.acm.org/about/class/class/2012>.
- [5] Tang J, Zhang J, Yao L, Et Al. Arnetminer: Extraction And Mining Of Academic Social Networks[C]. ACM SIGKDD International Conference On Knowledge Discovery And Data Mining. DBLP, 2008:990-998.
- [6] <https://aminer.org>
- [7] 国务院. 新一代人工智能发展规划. 2017.
- [8] Shalev-Shwartz, Shai, Shaked Shammah, And Amnon Shashua. Safe, Multi-Agent, Reinforcement Learning for Autonomous Driving. Arxiv Preprint Arxiv:1610.03295 (2016)
- [9] Sutton R.S. And Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01331-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01331-5)
- [10] Silver D, Schrittwieser J, Et Al. Mastering the Game of Go Without Human Knowledge. Nature, 2017, 550:354-359.
- [11] Silver D, Huang A, Maddison C J, Et Al. Mastering The Game of Go With Deep Neural Networks And Tree Search. Nature, 2016, 529(7587): 484-489.
- [12] 2017 全球创新报告 (2018) [R/OL]
<https://wenku.baidu.com/view/1ffc19677dd184254b35eefdc8d376eeafaa1705.html>

版权声明

AMiner 研究报告版权为 AMiner 团队独家所有，拥有唯一著作权。AMiner 咨询产品是 AMiner 团队的研究与统计成果，其性质是供用户内部参考的资料。

AMiner 研究报告提供给订阅用户使用，仅限于用户内部使用。未获得 AMiner 团队授权，任何人和单位不得以任何方式在任何媒体上（包括互联网）公开发布、复制，且不得以任何方式将研究报告的内容提供给其他单位或个人使用。如引用、刊发，需注明出处为“AMiner.org”，且不得对本报告进行有悖原意的删节与修改。

AMiner 研究报告是基于 AMiner 团队及其研究员认可的研究资料，所有资料源自 AMiner 后台程序对大数据的自动分析得到，本研究报告仅作为参考，AMiner 团队不保证所分析得到的准确性和完整性，也不承担任何投资者因使用本产品与服务而产生的任何责任。

AMiner