



01 全体大会

科技部副部长李萌在 2020 北京智源大会开幕式上的致辞

2020 年 6 月 21 日，由北京智源人工智能研究院主办的 2020 北京智源大会在线上成功开幕。在开幕式上，科技部副部长李萌在线出席并致辞。下面是致辞全文。

尊敬的殷勇副市长、各位专家，女士们、先生们、朋友们，大家上午好！

去年，我参与了 2019 北京智源大会，对大会提出的打造“内行的 AI 盛会”印象深刻，今年智源大会围绕“人工智能的下一个十年”开展广泛研讨，将会为全球人工智能的发展走向提供更多前瞻思考。首先，我谨代表科技部，对 2020 北京智源大会的召开表示热烈的祝贺！

人工智能是新一轮科技革命和产业变革的战略性技术，正在对科技进步、经济发展和社会治理等方面产生重大而深远的影响。中国高度重视人工智能的创新发展，2017 年 7 月，国务院印发《新一代人工智能发展规划》，明确提出中国新一代人工智能发展的战略目标：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。

近年来，科技部加快推进规划实施，围绕人工智能重大科学问题研究、关键技术研发和产业化应用，进行了一系列重点部署。一是加快实施科技创新 2030-“新一代人工智能”重大项目，围绕大数据智能、跨媒体智能、群体智能、混合增强智能、自主智能系统等五大方向持续攻关，加快突破人工智能基础理论和关键核心技术瓶颈。二是推动国家新一代人工智能创新发展试验区建设，已支持北京、上海、深圳、天津、济南、浙江德清县等建设 11 个创新发展试验区，到 2023 年，将布局建设 20 个左右。三是建设国家新一代人工智能开放创新平台，依托百度、京东、小米、旷视等领军企业建设自动驾驶、智能供应链、智能家居、图像感知等 15 个开放创新平台，推动基础软硬件和技术的开放共享，服务人工智能创新创业。四是高度重视人工智能治理问题，成立国家新一代人工智能治理专业委员会，发布《新一代人工智能治理原则》，提出和谐友好、公平公正、包容共享、尊重隐私等八条原则，并探索建立人工智能治理国际交流平台，推动全球发展负责任的人工智能。五是推动人工智能与实体经济深度融合。培育发展人工智能新兴产业，促进传统产业智能化升级改造，推动产业链、价值链的高端化。特别是在应对此次全球新冠疫情中，推动人工智能技术在病区管理、流行性病学调查、药物研发、辅助医疗诊断、社区防控、疫情监控、风险分析预警等方面的广泛应用，为全球疫情防控工作积累了丰富的经验与成功案例，可为世界各国利用人工智能等技术建立应对疫情机制提供借鉴和参考。

北京是首个国家新一代人工智能创新发展试验区。在试验区建设过程中，希望北京市依托自身科技资源和产业发展优势，持续加大投入、深化改革、完善机制、强化保障，突出把握好“三个引领”：

一是原创引领，希望北京市依托智源研究院等新型研发机构，建立完善适应于人工智能基础前沿研究的科研制度，持续加大人工智能顶尖科学家培养，在人工智能原始创新方面取得更多突破性成果，引领全球人工智能创新方向，形成具有全球影响力的人工智能“北京学派”。同时要积极推进人工智能“新基建”发展，强化人工智能创新发展的基础支撑条件。

二是改革引领，希望北京市持续围绕数据开放与保护、应用场景开放、成果转化、知识产权保护等方面开展政

策先行先试。深入推进公共数据有序开放，加快智能医疗、智能交通、智能政务、科技冬奥等优势领域应用场景建设，推动领先人工智能技术示范应用，并加快制订适应人工智能发展的政策框架和法规标准体系，为人工智能科学研究、技术开发、产品创新、产业发展和社会应用营造良好环境。

三是开放引领，希望北京市以更加包容、开放的心态融入全球人工智能创新生态，推动智源研究院等研究机构积极参与人工智能领域国际重大科研计划，加强与国际顶尖人工智能研究机构的国际合作，推动建设链接全球人工智能创新网络的重要节点。同时要积极参与国际人工智能治理，推动《新一代人工智能治理原则》和《人工智能北京共识》落地，为未来打造“负责任的、有益的”人工智能，为开放合作和包容共享的智能时代贡献更多的“北京智慧”。

为进一步推动北京构建开放协同的人工智能生态系统，科技部正联合相关部委共同编制《关于支持北京加快建设具有全球影响力的人工智能创新中心行动计划》，从人才培养、基础前沿研究、创新服务平台建设等方面强化支持，助力北京打造世界一流的人工智能发展高地。

最后，希望智源研究院加快建设，在人工智能基础理论与共性技术上产出具有重要国际影响的原创成果，早日建设成为汇聚全球顶尖科学家研究力量的重大战略平台。

预祝大会圆满召开！谢谢大家！

北京市副市长殷勇在 2020 北京智源大会开幕式上的致辞

2020 年 6 月 21 日，由北京智源人工智能研究院主办的 2020 北京智源大会在线上成功开幕。在开幕式上，北京市副市长殷勇在线出席并致辞。下面是致辞全文。

尊敬的各位嘉宾，各位新老朋友，大家好！

在全球抗击新冠肺炎疫情的特殊时刻，我们举行第二届北京智源大会，同世界人工智能领域的顶尖专家学者通过视频相聚，共同探讨未来十年人工智能的发展走向，意义十分重大。首先，我谨代表北京市人民政府，向出席大会的专家学者和业界精英，表示诚挚的欢迎。

当前，新冠肺炎疫情仍在全球蔓延，给世界各国经济社会发展带来严重冲击，夺走了数十万人的宝贵生命。面对疫情，我们最需要做的，就是坚持人民至上、生命至上，全面加强国际合作，特别是大力推动科技领域的国际交流合作，发挥科技防疫的支撑作用，凝聚全球战“疫”的强大合力。

人工智能作为引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术，具有溢出带动性很强的“头雁”效应，正在对经济发展、社会进步、国际政治经济格局等产生重大而深远的影响。在这次疫情防控中，人工智能的优势得以凸显，在中国和北京产生了很多典型应用场景。比如，我们利用人工智能，在高密度人流中快速、准确地识别出体温异常者；我们利用 AI 技术开展远程问诊，有效降低了医护人员近距离接触感染的风险；我们利用人工智能影像辅助诊断技术，大幅提高诊断效率，缓解了医护人员紧张问题；我们通过人工智能有效减少病毒检测中的重复性工作，提高了检测效率；等等。

同时我们也认识到，当前全球人工智能发展整体上仍处于起步阶段，许多基础性的科技难题尚未突破，在行业应用、生态构建等方面仍面临一系列难题与挑战。我们认为，克服这些难题与挑战，需要统筹各个国家的创新资源，加强知识与信息共享、学术与市场互动，推动多元文化碰撞，促进创新要素互补与整合，从而降低创新成本，提高创新效率，加速科学发现。而在所有这些工作中，起决定性作用的，还是人的交流与合作。我们应该本着对人类负责、对科学负责的精神，采取更加务实的举措，为各类人才开展国际交流合作创造条件、提供支撑。

北京作为中国的政治中心、文化中心、国际交往中心和科技创新中心，是中国人工智能资源最丰富、创新最活跃、人才密度最高的城市。北京拥有人工智能相关人才近 4 万人，占全国总量的近 60%；北京的人工智能相关企业超过 1 千家，占全国近 30%，旷视、寒武纪、地平线、云知声等 8 家公司入选 CB Insights 2020 年全球 AI 独角兽公司榜单，第四范式、创新奇智、禾多科技 3 家公司入选 CB Insights 2020 年全球 AI 初创公司 100 强榜单；同时，北京还拥有中国首个新一代人工智能创新发展试验区，布局建设了 7 个国家新一代人工智能开放创新平台。

近年来，我们明确将人工智能作为北京科技创新和产业发展的重点领域之一，采取一系列举措，推动人工智能加速发展。人才方面，我们持续加大投入和支持力度，制定出台一系列针对性人才政策，不断拓宽人才宽度和厚度，努力为各类人才在京发展提供最好的条件。科研方面，我们聚焦原始创新和核心技术，建立自由探索与

目标导向相结合的科研体制，组建北京智源人工智能研究院等新型研发机构，支持科学家勇闯人工智能科技前沿“无人区”，开展原创性强、非共识的探索性研究，挑战最基础的问题和最关键的难题。资金方面，我们设立了总额为 300 亿元、放大后规模可达 1500 亿元的科创母基金，用于长期稳定支持包括人工智能在内的各类前沿科技的研发。应用场景方面，我们积极推动人工智能在医疗、交通、教育、城市治理、政务服务等领域广泛应用，并且将全市的重大项目、重大工程向人工智能技术应用开放，努力构建智慧城市。下一步，我们还将进一步加大投入力度、工作力度和创新力度，最大限度消除制约人工智能发展的各类障碍，构建更加包容、开放的人工智能创新生态，为全世界人工智能人才在北京开展学术交流、科学研究、创新创业营造更加优良的环境。

各位专家学者、行业精英，得力于你们的卓越工作和杰出贡献，人工智能技术在过去十年间取得重大突破，人工智能产业取得爆发式发展。面向下一个十年，如何实现从专用人工智能向通用人工智能的跨越式发展，如何加速人工智能的商业化应用，如何有效应对人工智能发展涉及的法律、伦理问题，如何让人工智能在促进全球社会、经济和环境可持续发展方面发挥更加积极的作用，都有待于大家去共同探索。

我们举办北京智源大会，就是希望为国内外人工智能领域的优秀人才搭建一个开展前沿学术研讨的交流平台，进行灵感的碰撞、思想的交锋。希望大家借助这个平台，深入研讨未来全球人工智能的发展趋势，积极开展科学研究、技术研发、人才培养等方面的交流合作，同时也欢迎各国人工智能人才来北京创新创业，共同为全球人工智能的赋能共生、繁荣发展贡献力量！

最后，预祝大会取得圆满成功！谢谢大家！

智源研究院院长黄铁军：智源进展报告

各位专家、朋友们好！

我是北京智源人工智能研究院的院长黄铁军，下面我将代表智源研究院简要汇报我们在过去一年中的主要进展和未来一段时间的主要发展计划。

首先，让我们简单回顾一下智源研究院的发展愿景，它分为四个层次：

1. 聚焦原始创新和核心技术，建立自由探索与目标导向相结合的科研体制。
2. 支持科学家勇闯人工智能科技前沿“无人区”，挑战最基础的问题和最关键的难题，推动人工智能理论、方法、工具、系统和应用取得变革性、颠覆性突破。
3. 营造全球最佳的学术和技术创新生态，推动北京成为全球人工智能学术思想、基础理论、顶尖人才、企业创新和政策发展的源头，率先成为国际领先的人工智能创新中心。
4. 推动人工智能产业发展和深度应用，改变人类社会生活，促进人类、环境和智能的可持续发展。

下面，我从五个方面报告智源研究院近一年来的主要进展。

一、智源学者

首先是“智源学者”计划，这是2019年4月开始执行的，目的是遴选最优秀的科学家，挑战最基础的问题和最关键的难题。在过去的一年里，我们先后设立了人工智能的数理基础、机器学习、自然语言处理、智能信息检索与挖掘、智能体系架构与芯片五大方向，遴选并支持了以“智源研究员”和“智源科学家”为主的学者69人。2019年底我们还遴选了以“自由探索”为使命的16位青年科学家，总数达到了85人，他们分别来自于北京大学、清华大学、中国科学院等高校院所和在京优秀企业。

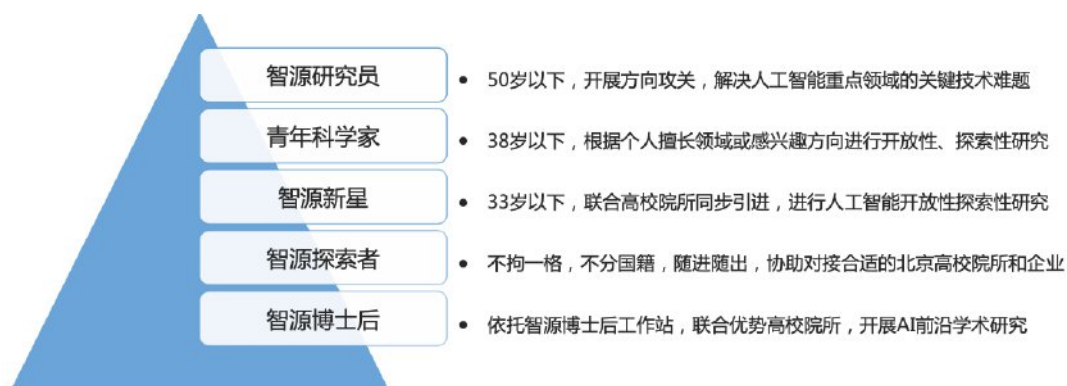


图1：以一流学者为核心，实施“智源学者计划”。智源学者计划扩充为五个层次，培育和支持人工智能优秀科技人才，建设世界人工智能人才高地，人数再增加100名，其中智源研究员和青年科学家20+、智源新星20+、探索者30+、博士后30+。

今年我们将智源学者计划扩充为五个层次，继续再增加支持 100 人，除了去年已经执行的“智源研究员”和“青年科学家”保持不变之外，新增了“智源新星”，这个层次的人才要求 33 岁以下，由智源研究院和在京的高校、院所同步引进，进行人工智能的开放性、探索性的研究。我们还设立了“智源探索者”这样一个新层次，它面向所有有意到北京发展、但尚未确定目标单位的人工智能优秀人才，不拘一格。智源探索者不仅可以在智源进行潜心研究，而且智源也会协助他们对接合适的北京高校院所和企业。在博士后层次，智源今年正式设立了博士后工作站，联合优势高校院所，招收优秀的博士后开展前沿研究。

方向 任务	数理 基础	机器 学习	自然语言 处理	信息检索 挖掘	芯片 系统	认知神经 基础	决策 智能	机器 感知	开放 探索
智源社区	●	●	●	●	●	●	●	●	●
学术突破	●●	●●	●●	●	●	●●	●●	●	○
成果转化	○	●	●	●●	●●	○	●	●●	○
智能医疗	○	●●	●●	●	●	●●	○	●	○
智能交通	●	●	○	●	●●	○	●	●●	○
智能政务	○	●●	●●	●●	●	○	●●	●	○
智能机器	●●	●	○	○	●●	●●	●●	●	○
认知图谱	○	●	●●	●●	●	●●	●●	○	○
伦理与可持 续发展	●	●	●	●	●	●	●	●	●

图 2：智源研究院的重大方向布局

图 2 中大致描绘了智源在重大研究方向的布局，以及这些方向与我们重要任务、目标的关系。纵向就是我们的重大方向，比如刚才说的已经成立的五个重大方向，以及今年已经在酝酿、争取尽早公布的三个新方向：认知神经基础、决策智能和机器感知。此外，我们还专门为非共识的、完全开放的探索研究设置一个“开放探索方向”。所有这些研究方向和我们现在做的各方面任务有密切的关系，比如所有这些方向都可以参与“智源社区”的建设，所有这些方向都会追求“学术突破”。当然各个方向关注的重心可能会各有侧重，图中大的实心圈就表示这样的关系，比如数理基础的重心是学术突破，芯片系统和信息检索挖掘的重心在成果转化等。应用方面，我们目的面向三大应用场景：智能医疗、智能交通和智能政务，它们也在各大方向中各有侧重。我们还在规划面向未来的一些重大研究任务，比如如何制造能力更强的智能机器，如何设计更接近人类认知的认知图谱，以及从去年开始的人工智能伦理和科学应用发展方面的一些工作等。所有这些方向都会参与这些任务的实施。

二、智源社区

智源社区是互联网上的智源研究院，经过一年多的建设努力，今天，我们正式发布智源社区，目的是构建高度合作的人工智能社区，营造活跃的学术和技术创新生态，通过进一步加强社区成员的协同效应，培养培养新一代问题的发现者和解决者。

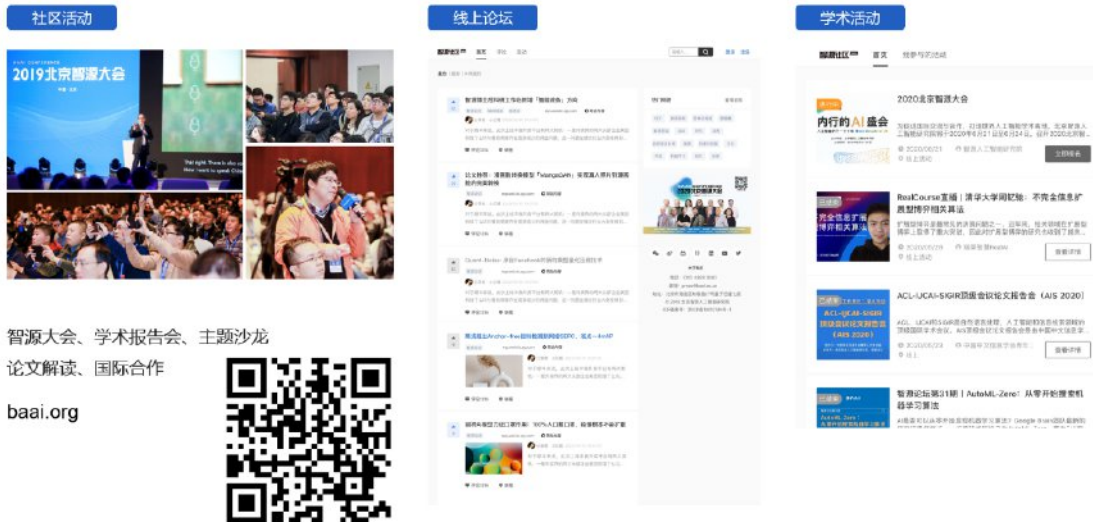


图 3：智源社区——构建人工智能学者社交网络，营造学术和技术创新生态

正在观看智源大会的数万名朋友，你们现在已经体验了智源社区的部分功能——活动系统和线上论坛，大家可以输入网址 baai.org，或扫描屏幕上的二维码，注册成为第一批社区成员，与本次大会报告嘉宾线上交流，更多功能将在智源大会结束后对外开放，包括以展示研究成果，探讨新发现，参与智源大会、学术报告会、主题沙龙、论文解读、国际合作

symbol	meaning	LaTeX	simplified
d	input dimension	d	
d_o	output dimension	$d_{\text{rm o}}$	
m_l	the number of l th layer neuron, $m_0 = d, m_L = d_o$	m_l	
$W^{[l]}$	the l th layer weight	$\mathbf{W}^{[1]}$	$\mathbf{W}^{[1]}$
$b^{[l]}$	the l th layer bias term	$\mathbf{b}^{[1]}$	$\mathbf{v}^{[1]}$
\circ	entry-wise operation	\circ	
$\sigma: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^+$	activation function	σ	
θ	$= (W^{[0]}, \dots, W^{[L-1]}, b^{[0]}, \dots, b^{[L-1]})$, parameters	$\mathbf{\theta}$	$\mathbf{v}\theta$
$f_{\theta}^{[0]}(\mathbf{x})$	$= \mathbf{x}$		
$f_{\theta}^{[l]}(\mathbf{x})$	$= \sigma \circ (W^{[l-1]} f_{\theta}^{[l-1]}(\mathbf{x}) + b^{[l-1]})$, l -th layer output		
$f_{\theta}(\mathbf{x})$	$= f_{\theta}^{[L]}(\mathbf{x}) = W^{[L-1]} f_{\theta}^{[L-1]}(\mathbf{x}) + b^{[L-1]}$, L -layer NN		

图 4：世界首个“机器学习通用数学符号集”，部分样例。

作为智源社区的公共服务之一，今天我们将发布由多所高校和多位领域学者紧密协作的成果——世界首个“机器学习通用数学符号集”。目前，机器学习是一个热门的研究方向，但研究学者们往往来自不同领域，而论文中所用记号差别很大，便造成论文阅读困难。“通用机器学习符号集”针对常用且易混淆的符号，给出一套标准化建议并提供 LaTeX 包，辅助论文写作过程中的常用符号选择，以解决符号混乱导致的交流障碍问题。

本次会议，智源研究院将与清华大学人工智能研究院、创新工场共同发布《人工智能下一个十年》报告。报告

通过科技情报大数据平台 AMiner 对人工智能领域的学术论文进行数据挖掘，并结合行业投融资等数据，回顾展望 AI 技术、人才、产业、政策、治理等方面的发展情况。报告可以通过注册成为“智源社区”成员获得。以下是一些主要研究发现，更详细的分析内容大家可以阅读报告来了解。

首先是科研方面，报告对比了中美的 AI 科研实力。借助 AMiner 系统，基于 2009-2020 年 AI 领域 45 个顶级期刊和会议所收录的论文进行数据挖掘和分析，美国发表的论文数和学者数都是我国的 2-3 倍，所以我们应该更加努力。在报告分析的 20 个人工智能领域里面，人机交互、知识工程、机器人、计算机图形等领域，中国与美国的差距尤其大。

	论文量 (篇)	学者量 (人)	人均产出 (篇/人)
美国	69764	49116	1.4
中国	25418	17368	1.5

图 5：2009-2020 年间 AI 领域，中、美两国论文量和学者量对比。中国学者量和论文量都约是美国学者量的三分之一，但人均论文产出量略高。

中国国内我们也对城市分布做了统计，北京拥有国内 AI 高校和企业的数量资源优势，在 AI 领域的论文量和人才量最多。相对而言，深圳和香港 AI 人才在发表论文方面更努力，其人均论文产出量更多。

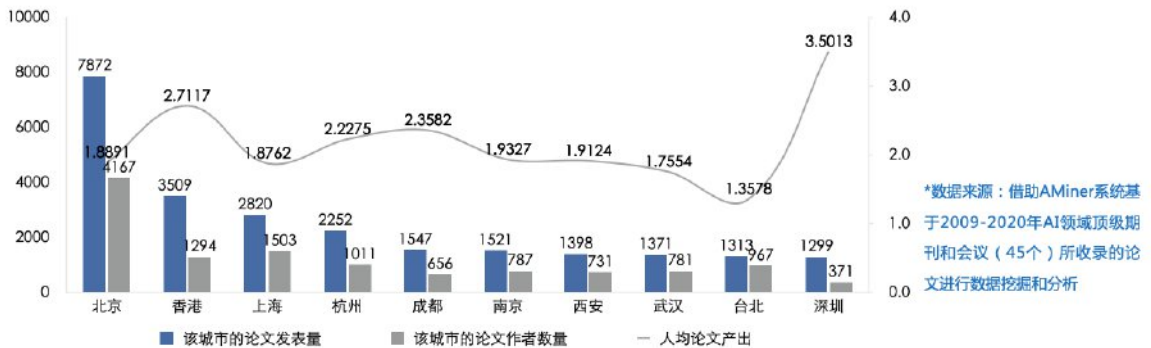


图 6：人工智能领域论文发表量 TOP10 国内城市。

AI 投融资方面，大家可能已经注意到了，中国 AI 创业热潮自 2013 年起兴起，每年新成立的 AI 创业公司数量增速明显，直到 2015 年爆发达到近 10 年的顶峰，此后两年 AI 创业虽有下滑趋势但仍保持较高水平，直到 2018、2019 年呈现断崖式下跌。目前中国 AI 企业创业方向集中在机器学习、计算机视觉、自然语言处理等技术层，以及金融、教育、交通、工业等行业应用层。

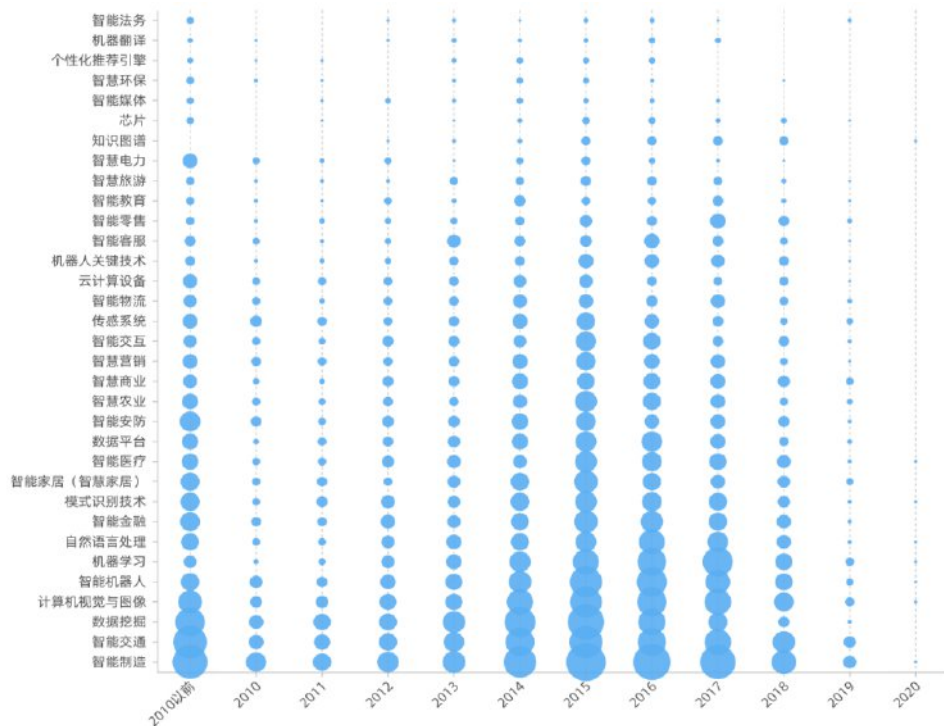


图 7：中国 AI 创业企业数量在各领域的分布情况。数据来源：IT 桔子、北京智源人工智能研究院

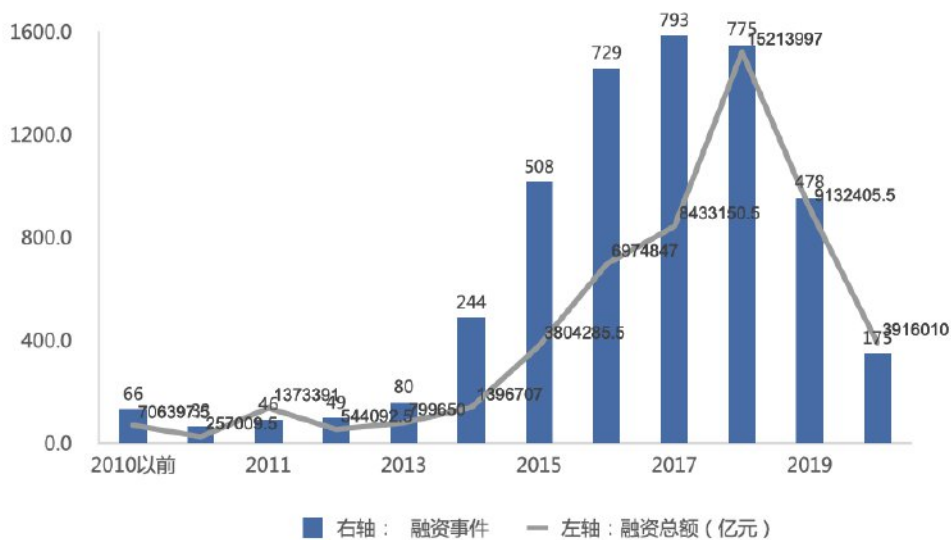


图 8：中国 AI 领域历年投融资事件数量及融资总额。数据来源：IT 桔子、北京智源人工智能研究院

报告也对人工智能技术的未来发展进行了分析，我们认为，机器学习与深度学习在人工智能领域应用广泛并取得显著成果，但受限于底层算法，使得人工智能技术发展达到瓶颈，未来需要与数学、脑科学等结合实现底层理论的突破。同时，要实现具有能理解、会思考、有认知、会决策的强人工智能，离不开数据支撑和知识驱动，将知识图谱、认知推理、逻辑表达结合的认知图谱也将是未来的一个重要研究方向。

三、数据中心和智能医疗

数据中心和智能医疗方面，智源研究院成立了数据开放研究中心，围绕“开放数据”、“知识图谱”、“算法平台”三大主题，建设数据与知识开放平台。在“开放数据”方面，我们推出行业基准系列数据集和智源大赛系列数据集，旨在推动人工智能领域的数据与知识共享。今年，自疫情初始，我们发布了最全的“新冠肺炎开放数据源”，从疫情、科研、知识、媒体和政策这五个方面收集了来自世界各地各种类型的相关开放数据，已吸引来自全球各地近四万人次访问和下载。除此之外，我们在疫情应对方面持续加力，通过构建一个大规模、结构化的中英文双语新冠知识图谱，用知识支撑 AI，提供更多智能服务与应用。在“算法平台”方面，通用智能平台 CogDL 的构建为研究人员提供了基于图的模型开发与测试工具，在健康医疗方面给予安全可靠、高效便捷的智能预测服务。接下来，我们将继续联合旷世发布全球最大的物体检测数据集，和京东联合发布多模态人机对话数据集，和智源学者朱军团团队联合发布 AI 安全数据集，并举办相应的竞赛，推进人工智能行业数据共享。



图 9：智源数据开放研究中心

在“数据研究”方面，针对智能医疗领域面临的数据孤岛和数据安全隐私的挑战，我们研发了智能医疗共享计算平台。在“数据共享”和“数据竞赛”方面，我们推出行业基准系列数据集和智源大赛系列数据集，旨在推动人工智能领域的数据与知识共享。为了推进新冠肺炎药物研发，我们发布了智源抗疫 - 药物研发小分子性质预测赛。



图 10：智能医疗开放平台

刚才讲到，新冠疫情的抗疫是过去半年左右的时间里智源研究院的一个重要任务，我们新冠疫情数据计算平台上线了“知识疫图－全球新冠疫情智能驾驶舱”，基于知识驱动、全球疫情统计数据 and 预测模型，对世界各地的疫情发展及风险状况进行量化评估和预测，提供复工、复产各方面的辅助决策支持，包括地区疫情风险评估、政府政策推荐、个人生理和心理健康自测评估等。此外，我们智源联合清华、协和、首都医科大学共同发布的乳腺癌智能计算与预测平台 SonoBreastX，可以自动预测病变肿瘤良 / 恶性及其分子亚型，辅助医生进行乳腺癌诊断。为解决智能医疗领域的医疗数据共享问题，智源研发了联邦学习多方安全计算平台，接下来会基于乳腺癌数据集进行智能医疗领域联邦实验，突破医疗数据共享关键技术的研发。

四、创新中心

创新中心是智源为推动人工智能产业发展和深度应用设立的成果转化创新载体，也是支撑人工智能产业发展的重要一环。创新中心通过开放智源的生态资源，支持关键核心技术攻关，推动 AI 原始重大创新和关键技术落地和深度应用。



图 11: 智源创新中心——人工智能研究成果转化、创新载体

具体来讲，分为三个层面：

1. 围绕智源重大学术方向，支持智源学者或高校院所的 AI 科学家，基于自身的原始重大创新成果进行技术创新，实现成果落地；
2. 支持已初步实现落地成果的重大技术或行业共性关键技术进行工程化验证和应用探索，实现跨越式发展；
3. 支持新兴行业发展过程中对人工智能关键技术需求开发，加速人工智能面向实际应用的广泛渗透和应用。

创新中心将把自己的创新生态资源开放出来支持大家，提供包括研究者、开发者以及创业者共同合作的良好土壤，共同探索人工智能领域前沿技术的落地，共同推动中国人工智能产业的发展。欢迎大家加入创新中心。

五、伦理与可持续发展

最后一个方面是伦理和可持续发展。去年，智源牵头发布了《人工智能北京共识》，得到国内外广泛关注。我们也严格按照《北京共识》进行实践。下面，我讲两个例子。

联合国可持续发展目标 (Sustainable Development Goals, SDG) 由联合国 2015 正式通过，旨在从 2015 年到 2030 年间以综合方式彻底解决社会、经济和环境三个维度的发展问题，转向可持续发展道路。

人工智能是能够改变社会的颠覆性技术，也是能够推动社会进步的使能技术。应当通过新一代人工智能的发展促进全球可持续发展目标的实现，这既是写入国家《新一代人工智能发展规划》、《国家新一代人工智能治理原则》的目标，也是全球人工智能产、学、研界的共同目标。人工智能的科研机构、教育机构、企业有责任通过人工智能推动社会、经济、环境的可持续发展。



图 13：建立面向可持续发展的人工智能智库，发布面向可持续发展的人工智能公益研究计划

为此，北京智源人工智能研究院拟建立面向可持续发展的人工智能智库，发布面向可持续发展的人工智能公益研究计划。

我们将联合全球科研机构相关学者，并邀请“对采用人工智能实现可持续发展有共同愿景”的国内、国际企业作为伙伴单位，成立面向可持续发展的人工智能公益研究计划。智源研究院将作为管理机构执行该公益研究计划的资助，组织全球相关专家成立科学委员会，与参与共建的企业共同拟定年度资助方向并评审、并向全球发布相关课题。组建面向可持续发展的人工智能智库平台，负责计划和研究成果的全球发布和推广。智源研究院作为组织管理机构，从中不收取任何费用。

研究项目将向全球开放申请，研究成果在公益研究计划官网向全球公开，支持在遵循开源许可协议条件下无偿使用。目前接受企业申请，作为战略合作伙伴和共同发起单位资助相关研究计划，旷视、滴滴、小米三家企业已经表示准备支持，希望更多企业能够共同支持这项计划，为推动人工智能技术对全球的可持续发展做出更多的贡献。

最后再次感谢大家长期以来对北京智源人工智能研究院的支持，让我们共同努力，建设人工智能创新的活跃生态，共同推动人工智能技术的发展以及人类社会的进步。

卡内基·梅隆大学教授 Ruslan Salakhutdinov: 将领域知识融入深度学习模型

整理：智源社区 钱小鹅

在第二届智源大会“全体会议”中, Ruslan Salakhutdinov 教授分享了主题为《Incorporating Domain Knowledge into Deep Learning Models》(将领域知识融入深度学习模型) 的报告。

Ruslan Salakhutdinov, 是卡内基梅隆大学教授, 加拿大统计机器学习研究主席, 微软学者和斯隆奖获得者, 主要研究领域为深度学习概率图模型和大规模优化, 师从 Geoffrey Hinton, 是剪枝、深度编码等著名学习方法的提出者。他于 2009 年获得多伦多大学的博士学位, 随后又在麻省理工大学开展了为期两年的博士后研究。2016 年, 入职卡内基梅隆大学, 同年获得英伟达人工智能先驱奖, 并加入苹果公司担任 AI 研究总监。目前 Ruslan 已累计发表学术论文 300 多篇, 是深度学习领域年轻一代领军科学家, 主要的研究方向为: 语音识别、计算机视觉、推荐系统、语言理解、药物研发及生物图像分析。

Ruslan 认为, 虽然我们用 AI 算法可以解决很多问题, 但还是面临很多局限性和挑战, 主要分为这四大类:

1. 自然语言理解与推理
2. 人工智能: 深层强化学习和控制
- 3 将领域知识融入到深度学习模型中
4. 多模态、半监督学习、自监督学习

本次讲座中, Ruslan 主要为我们深入分享了他的团队在上述第二、第三项挑战领域中, 所进行的探索和最新成果。

一、将领域知识融入到深度学习模型

首先, Ruslan 为我们剖析了一个非常有意思的例子, 如下图 1, 如果我们试图回答如下这个问题: 据我们所知, 哪些冠状病毒可以感染人类呢? 答案有三类: MERS-CoV、SARS-CoV 以及 Covid-19。想要回答这个问题, 我们可以从多个渠道亦或者我们自身现有的知识库中挖掘到答案, 但我们不难发现的是, 这是一个关于生物防疫或病毒方向的专业问题, 无论我们调用上述所说的哪种渠道回答这个问题, 我们最终所调用的必然是与该问题相同或相关的领域知识, 也就是 Ruslan 本次讲座中的关键词——Domain Knowledge。



图 1: 哪些冠状病毒可以感染人类?

领域知识在回答复杂问题是非常重要的，尤其是我们现在的工业场景中所需要的交叉知识更为丰富，例如自动驾驶，在现行的自动驾驶算法方案中，依赖的领域知识是非常丰富的：我们需要从摄像机中采集图像，利用计算机视觉的一些算法来处理图像；同样，我们也需要从其他传感器，例如激光雷达、GPS、IMU 等中收集数据，来构造图像的辅助算法。显然，构造一套完整的自动驾驶算法需要多个领域的知识支撑，同样回答上述图 1 中提出的问题，也需要多个领域的知识支撑，如下图 2。因此，如何收集相关的数据、如何找到数据间的逻辑关系，如何将这种推理关系抽象成模型，甚至将其抽象成标签依赖性非常弱的弱监督学习模型，一直是该领域的关键挑战。

Key Challenges

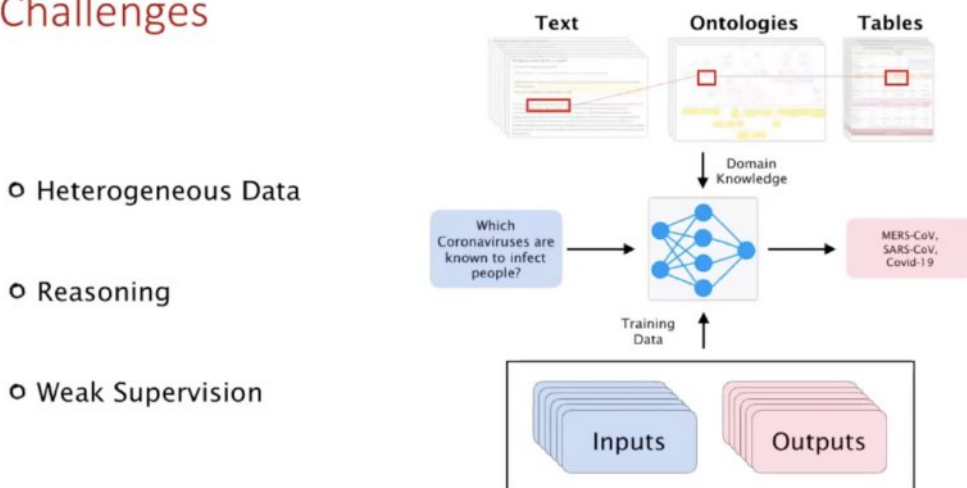


图 2：领域知识在深度学习推理中应用时的关键挑战

解决上文中提到的“关键挑战”有很多不同的方法，Ruslan 为我们分享了其中一个研究方向——使用知识库和文本结合的方法建立开放域问答系统（如图 3）。首先，我们先为大家介绍两个比较核心的关键词：开放域以及知识库。

- 开放域。开放领域问答系统的概念虽然提出的时间并不长，但已经形成发展出了一些比较成熟的系统。它起源于 1993 年麻省理工学院人工智能实验室开发的 START 系统。所谓开放域问答系统，即采用基于知识库和指定的检索方式，对用户提出的问题进行自动的答案搜索的系统。如果用户提出的问题系统的知识库中，则直接返回正确答案。反之，如果用户提出了超出系统知识库的问题，则系统将会分析问题的关键词，并通过搜索引擎搜索关键词得到相关信息，对信息进行后处理后得到较为准确的答案。
- 知识库 (Knowledge Bases, KBS)。所谓知识库，其实就是将互联网上的信息经过专家人工提取和构造，以三元组的形式存储下来 (Subject, Relationship, Object)，是一种非常结构化的信息，比较知名的有 FreeBase。

在人工智能兴起之前，传统的 QA 都是通过知识库进行检索或者信息抽取等方式进行建模的。有了知识库，那么给定一个问题我们自然可以进行检索记忆并作出回答。该问题的挑战在于，由于问题往往是以自然语言的方式提出，而知识库是高度结构化的组织，所以如何进行检索或者信息抽取其实是一个很困难的工作，同时，面对 KBS 这么庞大的知识库应该如何解决内存容量问题也同样是值得不断优化方向。

Knowledge Base as a Knowledge Source

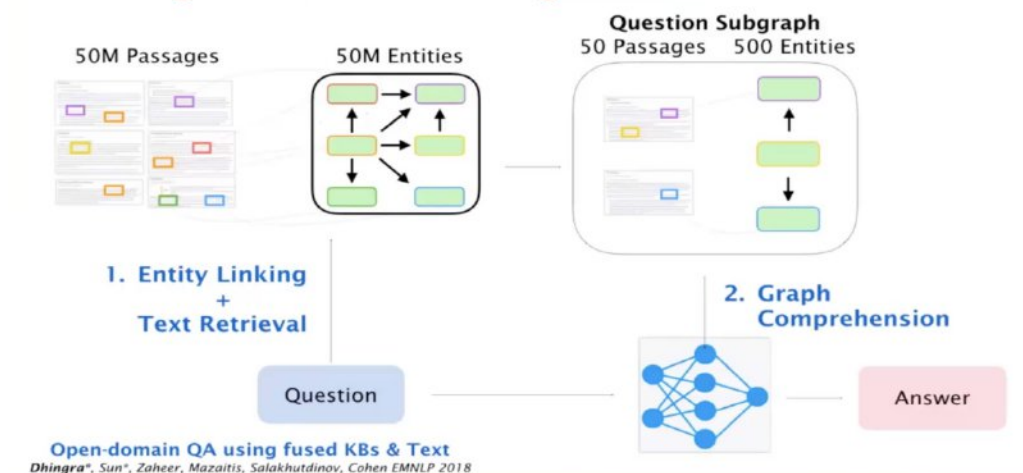


图 3：使用知识库和文本结合的方法建立开放域问答系统

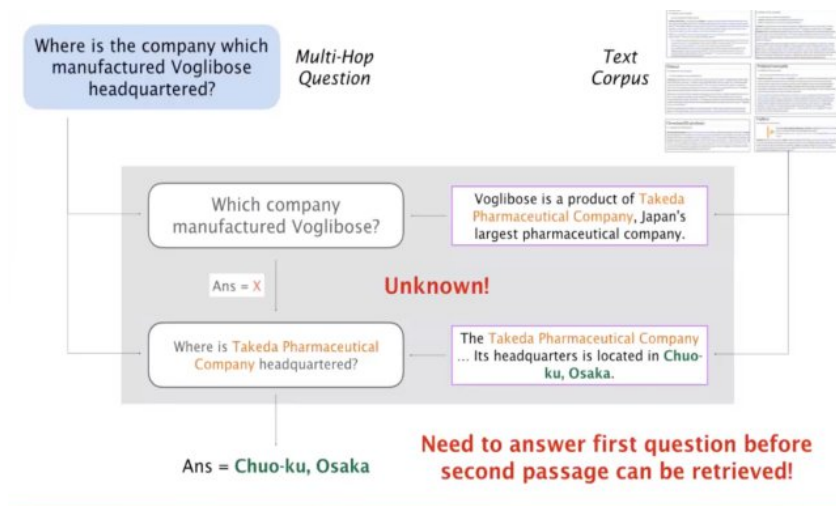
自人工智能兴起后，在知识库中快速搜索答案成为了可能。通常，整个过程可以描述为（如图 3）：首先，我们在知识库中确定具体的关键词；其次，将这些词进行文本挖掘；最后，结合文本信息建立知识图谱。如果将神经网络引入知识图谱模型，其本质即是我们通常所说的图神经网络。

使用图神经网络进行答案挖掘（换句话说即为，整合文本信息获取知识图谱信息）是一件非常有趣的事情，学界的研究也非常火热。随着研究的深入，大家把方向转向了更为复杂的问题——Multi-Hop Question。Multi-Hop Question，多跳问题，顾名思义也就是回答问题需要多步推理过程。与 Single Face 相比，多跳问题属于复杂问题的一类子场景。为了方便大家理解，我们不妨先为大家分享一个实例。如下图 4 所示，如果我们试图让回答系统回答一个较为复杂的问题：生产 Voglibose 的公司总部设在哪里？那么，其实我们可以把这个问题分为两个问题回答：

1. 哪家公司生产 Voglibose ？
2. 该公司的总部设在哪里？

整合大量的文本信息后，我们了解到，Voglibose 这种药物的生产公司为武田制药公司，该公司是日本最大的制药公司，该公司的总部设在日本大阪。

用这种方式，我们通过连续的回答两个简单问题，最终回答了一个复杂问题。当然，多跳问题也能分解为三个或更多的简单问题。Ruslan 随即提到，对于该问题能否做到端到端、更有效、组合更具灵活性？



Relational Following

Differentiable Reasoning over a Virtual KB
 Dhingra, Zaheer, Balachandran, Neubig, Salakhutdinov, Cohen
 ICLR 2020 (oral)

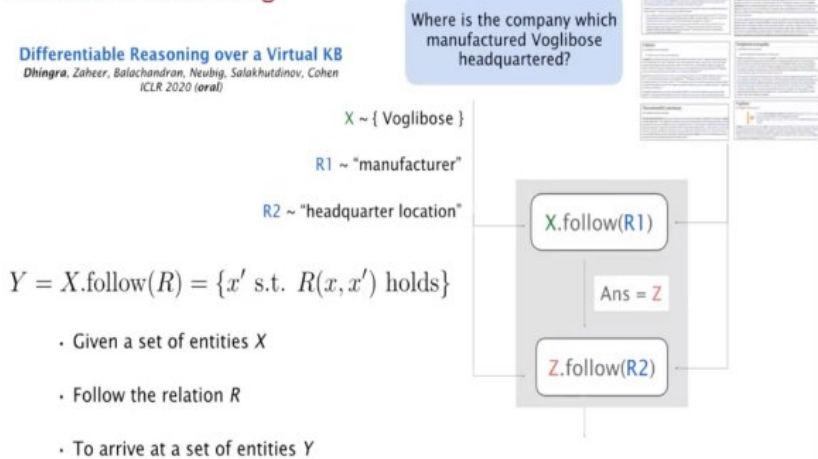


图 4: 多跳问题实例分析图

Ruslan 及其团队成员在该领域已经做出了一些成果，他介绍到，整个多跳问题可以通过图神经网络解决，该神经网络大体可以分为四个模块：

- Graph Construction

该模块的核心目标建立图，将与问题及答案相关的数据存储为图类的数据结构，主要包括：1) 根据关键词检索相关段落，寻找到与关键词匹配度最高的 N 个段落；2) 寻找能够链接到其他相关短多的 facts and entities；3) 为上一步中相关的段落和实体添加边。

- Context Encoding

该模块的核心目标是为了把所有的搜索到的段落或实体拼接成一个整体，我们称之为 Context，接着我们将原始的问题 Question 一同拼接起来，进行编码，将编码后的结果输入到神经网络中。通常，我们使用 Bag-Of-Symbol 的方法对段落或实体进行编码，将知识存储成一个 N 维的向量，并使用 Bag-Of-Ngrams 的方法对原始的问题进行编码，存储为 N_v 维向量。

- Graph Reasoning

该模块的核心目标是利用图神经网络，进行图中信息的传播，训练各实体类型节点中连接边的权重，同时学习图神经网络中各门的注意力和表达能力，用于做答案区域抽取。

- Multi-task Prediction

该模块的核心目标是图推理之后，更新过的节点表示被用于不同的子任务，由于答案可能不在实体节点中，因此我们需要构造一个有效的损失函数，对整体编码的内容进行回归，从而进行多任务的预测。

在整个的流程中，我们注意到，以实体 (Entity) 作为节点，关系 (Relationship) 作为边，记忆作为矩阵进行结构化存储，使得问题更具有计算性。我们可以根据问题找到相关记忆，并对其加权求和，同时，我们考虑记忆对问题的稀疏性，使得在计算的过程中可以直接使用大量稀疏矩阵的算法模块进行存储和计算，有效的加快了推理速度，减少了内存的损耗。同时在端到端记忆传播的过程中，Ruslan 引入得分机制将实体与问题的相关性分数与实体共同存储在数据结构中，最终得到答案。Ruslan 谈到，他对这个项目是非常感兴趣的，因为我们通常在开放式回答系统背后嵌入的知识库是基于维基百科的，或基于某个知识库的侧面。但 Ruslan 所建立的知识库是非常与众不同的。由于记忆矩阵的嵌入，以及这些特定的数据结构和网络架构，使得多个问题的“软连接”（问题之间的逻辑关系）更容易得到，同时鲁棒性也更强，基于此，Ruslan 可以建立一个完全由他个人“控制”的知识库，这个数据库并不来源于维基百科，也不来源于单纯的一些知识片段，这个知识库可以非常大，内容涉及的更加广阔。最后，Ruslan 为我们展示了新算法模型的精度及速度，如下图 5。

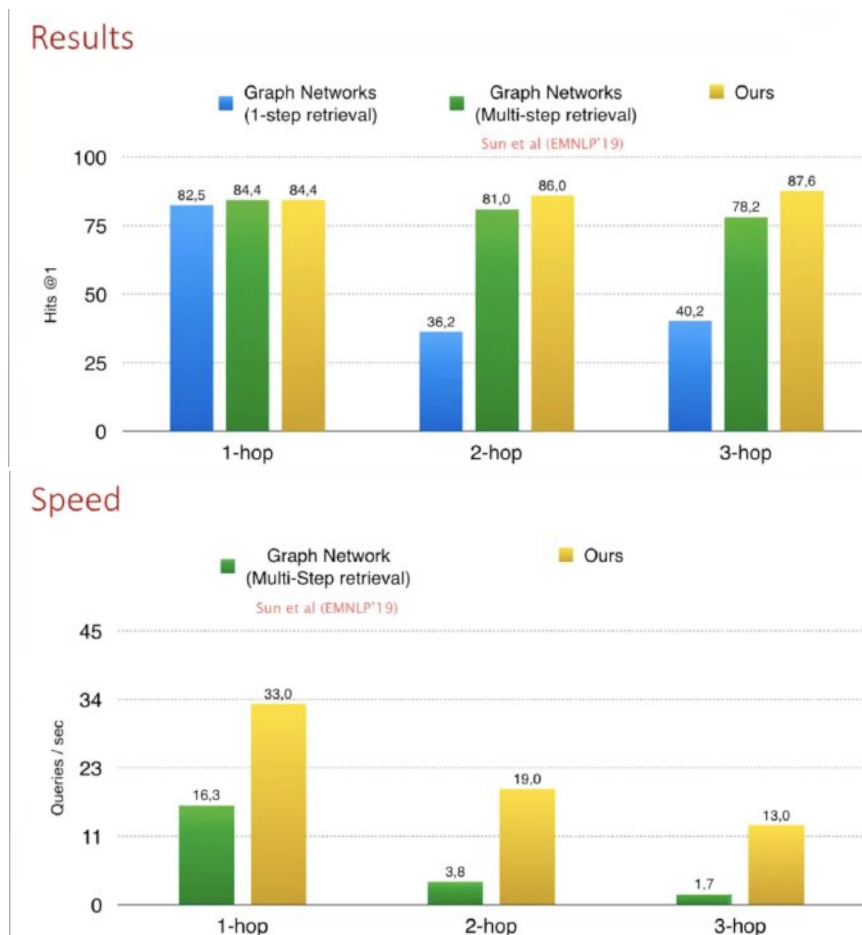


图 5: Ruslan 与合作者的最新研究成果（精度 / 速度）对比图

二、深层强化学习与控制

讲座的第二部分，Ruslan 为我们分享了四大挑战（请参阅文章开头介绍）中他对第二个挑战——深层强化学习与控制的思考和研究。他指出，我们心中所构想的所谓的人工智能，其更偏向于增强学习，也就是机器真正的学习能力或所谓的“智慧”。Ruslan 首先为我们列举了一个非常有产业价值的实例——机器人导航。如下图 6 中，如果我们讨论机器人导航的真正学习能力，我们期望机器人会自动的构建地图，在构建的地图中找到人类需要的目标，并自动进行路径规划获取（或抵达）目标所在地。

Navigation

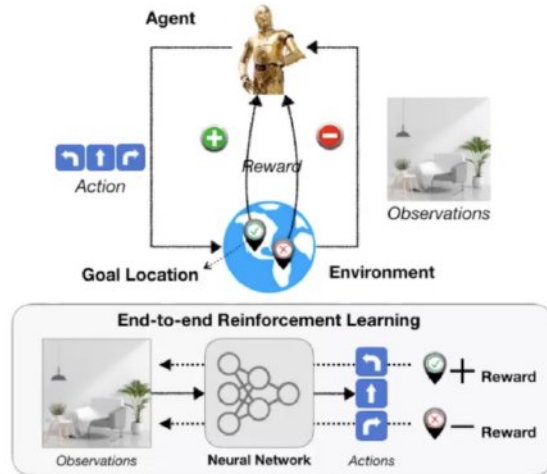


图 6：导航系统中的增强学习

Ruslan 指出，导航是构建智能代理的关键任务。导航任务可以用多种形式表示，例如，点目标任务，即到导航到特定的坐标；语义导航，即查找特定场景或对象的路径等。但不管任务是什么，在未知环境中进行导航的核心问题是探索，即如何有效地访问尽可能多的环境。这有助于最大限度地扩大覆盖范围，以便在未知环境中找到目标，或者在有限的时间预算内高效地预映射环境。在 2019 年，学术界的一些研究人员已经开始探索使用端到端的强化学习方法来解决这个问题。研究人员认为，使用强化学习方法有诸多好处：1) 对于模型的输入而言，经典模型的输入大部分为传感器观察到的实际几何体，而强化学习模型可以直接从图像中推断几何体，使得输入模式的选择更加灵活；2) 强化学习可以有效地利用现实世界的结构规律；3) 较经典的机器学习算法，强化学习可以提高对显示状态估计的精度，因此更具有鲁棒性。然而，相对于从前的经典模型，强化学习模型也具有不容忽视的缺陷：算法算力大，所需的存储空间大。

Exploration

- How to efficiently explore an unseen environment?
- Limitations of end-to-end reinforcement learning:
 - Learning about mapping, pose-estimation and path-planning is expensive
 - Sample inefficiency
 - Poor generalization
- Our solution:
 - Incorporating the strengths of learning
 - Modular and hierarchical system

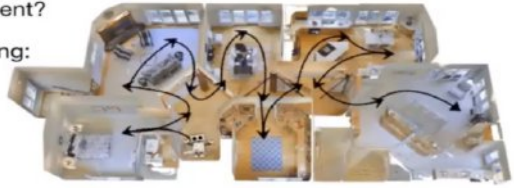


图 7: 导航算法的挑战及解决方法

鉴于此，Ruslan 提出了一种改进的新算法——Active Neural SLAM (ANS)。这项工作提出了一个模块化和层次化的方法来学习三维环境中的策略，称为“主动神经系统”。Ruslan 的方法利用了经典方法和基于学习的方法的优势，通过使用带学习 SLAM 模块的分析路径规划器，以及全局和本地策略。强化学习的使用使得输入模式更具有灵活性（在 SLAM 模块中），在全局的导航决策中利用了物理世界的结构规律，在局部的导航决策中并增加了对状态估计的鲁棒性。该算法在每个模块中使用强化学习方式，并保留了它的优点，同时，在训练过程中进行分层分解和模块训练，如图 8 为该算法的整体框架图：神经 SLAM 模块根据传入的 RGB 观测值和传感器读数预测地图和智能体姿态估计。

全局导航策略使用此映射和姿势输出长期目标，并使用分析路径规划器将其转换为短期目标。局部导航策略被用于训练短期目标，使得我们避开在训练过程中高样本的复杂度。该算法模型可以容易的转移到 PointGoal 任务中，并在 CVPR 2019 Habitation PointGoal 导航挑战赛中获得非常好的成绩。

Active Neural SLAM: Overview

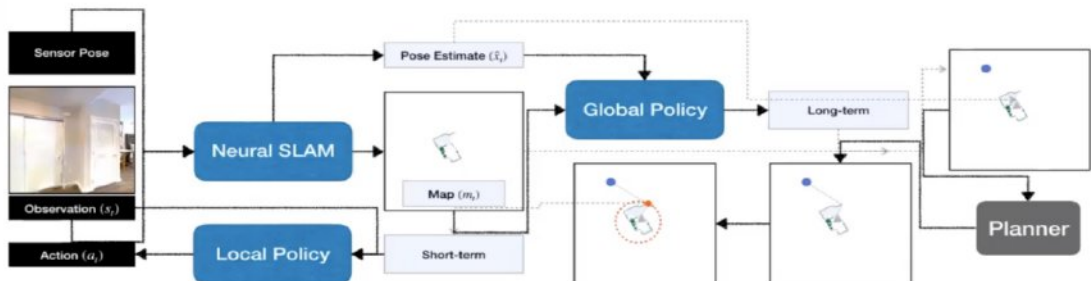


图 8: Active Neural SLAM 算法整体框架图

如图 8，在整个算法框架中我们看到，起关键作用的为蓝色的三个方框，分别为全局策略、局部策略及神经 SLAM。下面我们再具体介绍一下这三个“硬核”算法模块：

- 局部策略，学习局部策略的即学习制定一个遵循规划者给出的计划的确定性策略。该策略旨在适应映射中的小错误。例如：神经 SLAM 模块有时会错误地预测地毯是障碍物。在这种情况下，智能代理者会计划绕过地毯。但是，如果短期目标超出后，神经 SLAM 模块仍然预测到地毯，那么算法根据观察后会反馈该信息，局部策略根据该信息理解地毯不是障碍，并学会克服它。
- 全局策略，学习一个全局策略来抽样长期目标的另一种选择是使用一种称为基于边界的探索 (FBE) 的经典算法 (Yamauchi, 1997)。边界被定义为已探索的自由空间和未探索的空间之间的边界。基于边界的探索本质上是在这个边界上取样点作为探索空间的目标。在研究中 Ruslan 发现，在最靠近智能代理者的前沿点进行取样会产生更好的结果。定性地说，Ruslan 认为，基于前沿的探索花费了大量时间探索某些物品后面的角落或小区域。相比之下，训练有素的全局策略忽略了狭小的空间，选择了遥远的长期目标，从而提高了覆盖率。
- 神经 SLAM，ANS 与基线的区别在于 ANS 使用额外的监督来训练姿态估计器。为了了解性能增益是否来自于这种额外的监督，Ruslan 从 ANS 中移除了位姿估计器，只使用输入传感器读数作为我们的姿势估计，结果表明，即使没有姿态估计器，ANS 仍然优于基线。同时，Ruslan 还观察到，在没有姿态估计器的情况下，小场景下的性能仅下降约 1%，而在大型场景中则下降约 10%。这是意料之中的，因为更大的场景需要更长的时间来探索，并且姿势错误会随着时间的推移而累积，从而导致偏移。将真实姿态作为输入传递给基线而不是传感器读数并没有提高它们的性能。

最后，Ruslan 总结到，ANS 提出了一个模块化的导航模型，它利用了传统导航方法和基于学习的导航方法的优点，该模型在探索和点目标任务上都优于先前的方法，并且在域、目标和任务之间表现出很强的泛化能力。未来，该模型可以扩展到复杂的语义任务，如语义目标导航和具体的问答，使用语义神经 SLAM 模块创建一个捕捉环境中对象语义属性的多通道地图。该模型还可以与先前的本地化工作相结合，以便在先前创建的地图中重新定位，以便在后续事件中高效导航。

三、结语

本次讲座中，Ruslan 为我们分享了两大挑战主题：1) 如何将领域知识应用于深度学习模型，从而提高开放式问答系统的搜索精度；2) 如何用深度强化学习，结合传统的导航方法，提高导航系统的精度及泛化能力。由于 Ruslan 所学甚广，因此在分享的过程中，他常常不局限于当下的问题及探索领域，旁征博引，为我们分享了许多经典的案例，使得听众的理解过程更加生动简洁。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/56610002110011002>