



互联网教育智能技术及应用
国家工程实验室

互联网教育智能技术及应用 国家工程实验室



北京师范大学
BEIJING NORMAL UNIVERSITY



清华大学
Tsinghua University



中国移动
China Mobile



网龙华渔教育



科大讯飞
iFLYTEK



交叉汇聚推动人工智能创新发展

浙江大学计算机学院

吴飞

2019年1月22日

提纲

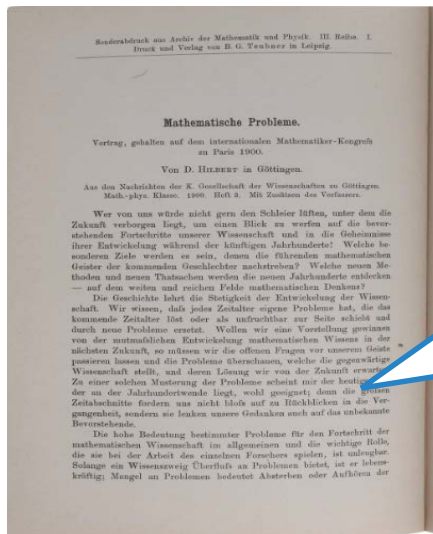
- 1、人工智能的源头发展
 - 2、迈向新一代人工智能
 - 3、人工智能学科交叉态势与挑战
 - 4、总结
- 

人工智能：以机器为载体的人类智能或生物智能

工欲善其事，必先利其器：智能之器从何而来



David Hilbert (1862-1943)
德国著名数学家



Mathematical Problems (23个数学问题)
Lecture delivered before the International Congress
of Mathematicians at Paris in 1900

问题2: The compatibility of the arithmetical axioms
(prove that the axioms of arithmetic are consistent)

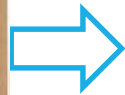
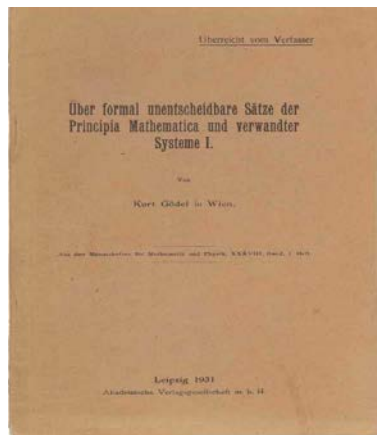
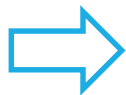
- **完备性**：任意一个命题能证其真假
- **一致性**：一个命题不可能同时为真或为假
- **可判定性**：算法在有限步内判定命题的真伪

人工智能：以机器为载体的人类智能或生物智能

工欲善其事，必先利其器：智能之器从何而来



Kurt Friedrich Gödel(1906-1978)



任何表达力足够强的(递归可枚举)形式系统都不可能同时具有一致性和完备性

《论数学原理及有关系统中不可判定命题》(On Formally Undecidable Propositions of Principia Mathematica and Related Systems)

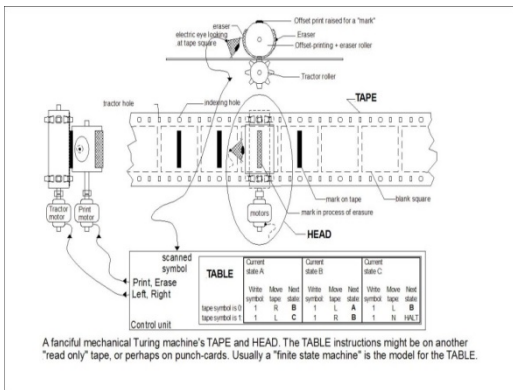
**哥德尔不完全性定理
(1931年)**

人工智能：以机器为载体的人类智能或生物智能

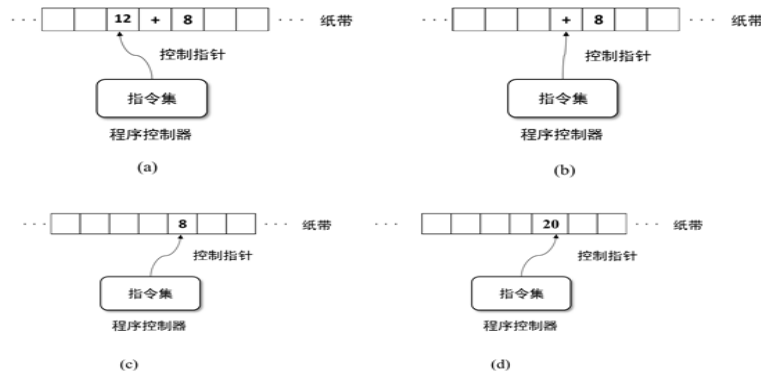
工欲善其事，必先利其器：智能之器从何而来



Alan Turing
(1912-1954)



“判定性问题”是无法解决的，即有些数学问题是不可求解的



图灵机模型计算“12+8”的过程示意

On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, 1937
《论数字计算在决断难题中的应用》



人工智能：以机器为载体的人类智能或生物智能

工欲善其事，必先利其器：智能之器从何而来

- 原始递归函数(哥德尔,Godel,数学的)
- λ 演算(丘奇,Church,逻辑的)
- 图灵机(图灵,Turing,机械的)

- 图灵论题：凡是可计算的函数都可以用图灵机计算
- 邱奇论题：任何计算，如果存在一有效过程，它就能被图灵机实现

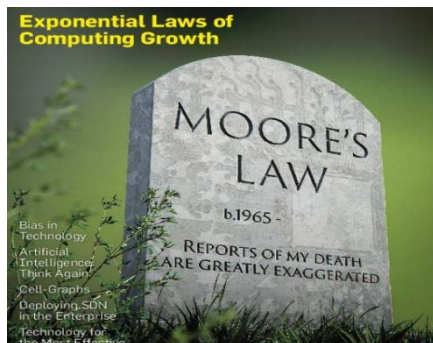
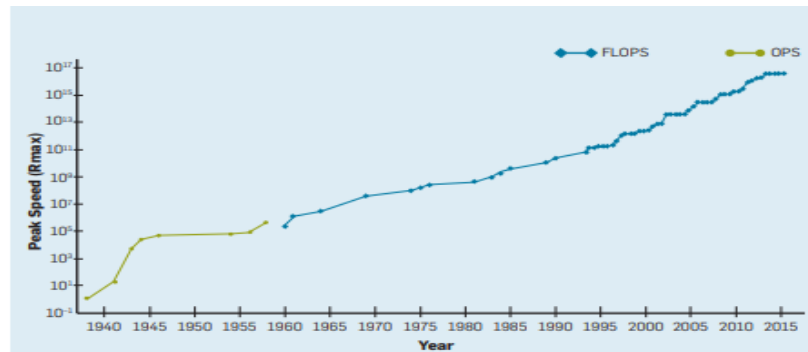
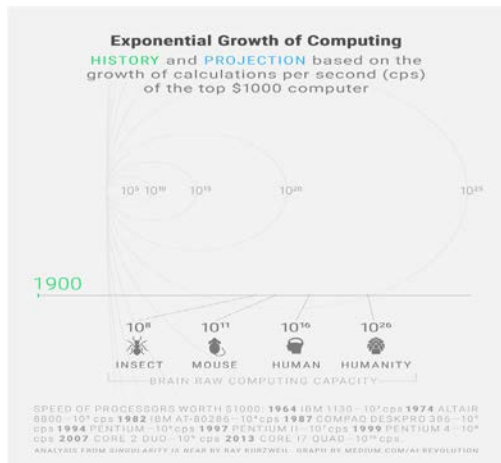
邱奇 - 图灵论题
(Church-Turing thesis,
computability thesis)

从手工计算走向自动计算：图灵测试



从手工计算走向自动计算

摩尔定律（计算机速度1年半增长1倍），亿级晶体管、千亿指令/秒



Self-Programming Hybrid Memristor/Transistor Circuit Could Continue Moore's Law

February 26, 2015 by Lee Zepher Physical

- # A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence

*John McCarthy, Marvin L. Minsky,
Nathaniel Rochester,
and Claude E. Shannon*

■ The Urbinianum Institute research project on articles of intelligence was initiated by Sergio Agostini, I.R. 1958 proposal, motivated by John Maynard Keynes, Norberto Bobbio, and Claudio Martelli. The original typographic consisted of 11 articles, 10 of which were published in the *Annali di Storia e Filosofia* in 1960. The 11th article, written by the author, was published in the *Annali di Storia e Filosofia* in 1961. The first 10 articles state the author's position, and the 11th article, written by the author, states the position and interests of the first who proposed the study. In the interest of brevity, this article reproduces only the proposal itself, along with the notes.

The following are some aspects of the artificial intelligence problem:

1. **Automatic Computers**
If a machine can do a job, then an automatic computer can be designed to simulate the machine. The speed and memory capacities of present computers may be insufficient to simulate many of the higher functions of the human mind.

AI概念提出50年后，建议人合影

Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955, Dartmouth

从自动计算走向智能计算：人工智能的诞生

报告列举了Artificial Intelligence值得关注的七个问题

- Automatic Computers
- How Can a Computer be Programmed to Use a Language
- Neuron Nets
 - set of (hypothetical) neurons be arranged so as to form concepts
- Theory of the Size of a Calculation
- Self-improvement: 自我学习与提高
- Abstractions: 归纳与演绎
- Randomness and Creativity



达特茅斯会议合影 (1956年)



从典型任务/应用对人工智能分类（上世纪70年代以来）

- 机器定理证明（逻辑和推理），仿解题者
- 机器翻译（自然语言理解），仿译者
- 专家系统（问题求解和知识表达），仿专家如医生
- 博弈（树搜索）、仿弈者
- 模式识别（多媒体认知）、仿认知者
- 学习（神经网络）、仿初学者
- 机器人和智能控制（感知和控制）、仿生物者
- 形成了符号学派、连接学派、行为学派

提纲

- 1、人工智能的源头发展
 - 2、迈向新一代人工智能
 - 3、人工智能的学科交叉态势与挑战
 - 4、基金申请建议
- 



国家《新一代人工智能发展规划》向社会发布



中华人民共和国中央人民政府

www.gov.cn

✉ ☎ 📱 📺 📞 简 | 繁 | EN



国务院

总理

新闻

政策

互动

服务

数据

国情

首页 > 信息公开 > 国务院文件 > 科技、教育 > 科技



索引号: 000014349/2017-00142

发文机关: 国务院

标题: 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知

发文字号: 国发〔2017〕35号

主题词:

主题分类: 科技、教育\科技

成文日期: 2017年07月08日

发布日期: 2017年07月20日

国务院关于印发 新一代人工智能发展规划的通知

国发〔2017〕35号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

现将《新一代人工智能发展规划》印发给你们，请认真贯彻执行。

国务院

2017年7月8日

（此件公开发布）

新一代人工智能发展规划

相关报道

国务院印发《新一代人工智能发展规划》

图解

国务院印发《新一代人工智能发展规划》



《中国人工智能2.0发展战略研究》重大咨询项目立项

2015年12月21日中国工程院批准该咨询项目

附件1

中国工程院文件

中工发〔2015〕145号

中国工程院关于2016年 第一批咨询研究项目立项 及编制任务书的通知

各学部、各专门委员会、各战略研究院（中心），机关各部门，院咨询服务中心、各有关项目组：

根据《中国工程院咨询研究项目管理办法》，经院士申报、学部常委会（含专门委员会、战略研究院（中心）学术委员会）评议、咨询工作委员会评审并报院常务会审定，现批准2016年第一批咨询研究项目立项，共计94项。其中重大咨询研究项目13项，重点咨询研究项目29项，学部咨询研究项目52项。各项目编号、名称、负责人、类型、批准经费金额及联系部门见附件1。

2016年第一批立项咨询研究项目名称

项目编号	项目名称	负责人	类型	联系部门	批准项目 总经费
重大项目					
2016-ZD-01	工业强基战略研究（二期）	路甬祥 周济	重大	机械学部	600
2016-ZD-02	“一带一路”空间基础设施应用发展战略研究	戚发轫 王礼恒	重大	机械学部	550
2016-ZD-03	“互联网+”行动计划的发展战略研究	陈左宁 李伯虚	重大	信息学部	1000
2016-ZD-04	中国人工智能2.0发展战略研究	潘云鹤	重大	信息学部	800
2016-ZD-05	空间信息技术领域发展战略研究	张乃通 吕跃广 于全	重大	信息学部	800
2016-ZD-06	新一代核能用材发展战略研究	徐匡迪 干勇	重大	化工学部	400
2016-ZD-07	碳约束条件下我国能源结构优化研究	张玉卓	重大	能源学部	800
2016-ZD-08	我国水安全战略和相关重大政策研究	胡春宏 王浩	重大	土木学部	700

《中国人工智能2.0发展战略研究》重大咨询项目立项



《中国人工智能2.0发展战略研究》重大咨询项目构成

名称	组长	副组长
课题1：大数据人工智能	潘云鹤（浙大，兼）	陈 纯（常务，浙大） 谭建荣（浙大）
课题2：群体智能	李 未（北航）	李国杰（计算所）
课题3：跨媒体智能	高 文（北大）	何新贵（北大）
课题4：人机混合增强智能	郑南宁（西交大）	徐扬生（港科大）
课题5：自主无人系统	吴 澄（清华）	孙优贤（浙大） 王天然（沈阳自动化所）
课题6：创新应用	李伯虎（中国航天科工集团）	徐志磊（中国工程物理研究院） 孙九林（中国科学院地理科学与资源研究所）， 李兰娟（浙江大学） 吴志强（同济大学）
课题7：综合组	潘云鹤（浙大，兼）	各个课题组长

《中国人工智能2.0发展战略研究》重大咨询项目启动



- 2016年3月22日,《中国人工智能2.0发展战略研究》重大咨询项目在北京召开启动会。
- 潘云鹤院士作了“中国人工智能2.0发展战略研究综合报告”的报告
- 基于大数据的人工智能、基于互联网的群体智能的理论方法与技术、跨媒体推理、人机协同的混合智能、自主式高级无人系统以及“人工智能2.0的创新应用六个课题组分别汇报了本课题的研究计划。

“中国人工智能 2.0 发展战略研究” 咨询研究项目启动会议纪要

项目办公室

2016年3月22日

2016年3月22日下午,中国工程院重大咨询研究项目“中国人工智能2.0(以下简称AI 2.0)发展战略研究”项目启动会在中国工程院召开。中国工程院主席团名誉主席徐匡迪院士、中国工程院院长周济院士、科技部党组书记王志刚、项目组组长潘云鹤院士、李未院士、高文院士、郑南宁院士、李伯虎院士、谭建荣院士以及来自浙江大学、北京航空航天大学、北京大学、清华大学、西安交通大学、中国航天科工集团第二研究院、北京邮电大学、国防科技大学、湖南大学、上海交通大学以及北京航天智造科技发展有限公司等单位研究人员以及来自武汉市、杭州市和宁波市相关负责人等约65人参加了会议。会议由潘云鹤院士主持。

会议首先由潘云鹤院士代表项目组介绍了“中国 AI 2.0 发展战略研究”立项的背景情况、研究方案与工作计划。潘院士指出,人类本世纪的信息环境与设施发生了大改变,人类对人工智能需求激增、人工智能的目标和理念出现了新的变化,人工智能的数据基础发生了大改变,这些变化使得人工智能的研究出现了多种端倪:基于数据、学习与知识联合驱动的大数据智能、人机和脑机交互融合的人机智能、基于网



《中国人工智能2.0发展战略研究》重大咨询项目启动

- 启动会上，根据领导对人工智能需要“沿途下蛋，推广应用”的建议，项目组决定给国家上报《建议我国启动“中国人工智能2.0”重大科技计划》建议书。





《中国人工智能2.0发展战略研究》重大咨询项目提交建议书

● 5月中旬，上报《建议我国启动“中国人工智能2.0”重大科技计划》建议书

建议我国启动“中国人工智能 2.0”重大科技计划

随着互联网的普及、传感网的渗透、大数据的涌现、信息社区的崛起，数据和信息在人类社会、物理空间和信息空间之间的交叉融合与相互作用，大众创业和万众创新等新技术、新产业和新业态不断涌现，信息技术将更深刻改变人类的生产和生活，使人类社会的信息化时代步入智能化阶段。

一、人工智能技术面临重大突破

与之前的人工智能——我们称之为“人工智能 1.0”相比，我们认为当前人工智能发展已开始进入了一个崭新阶段。新一代人工智能的主要技术变化包括：1) 从人工知识表达技术到当今大数据驱动知识学习技术，人工智能正迈向大数据知识自动学习相结合的方式，使得机器学习从表象和特征深入到综合推理；2) 从只能处理典型单一的数据到能够综合视觉、听觉、文字等多种媒体的语义，人工智能正在迈向跨媒体认知、学习和推理的新水平；3) 从追求“智能机器”到高水平的人机和脑机交互技术，走向人机混合的增强智能；4) 从聚焦研究“个体智能”到基于互联网络的群体智能，形成群智能力的互联网服务创新（如共享经济）。可以看出，信息环境的巨大变化正带动人工智能基本技术、方法乃至理论走向重大变化。当前，这种变化已初露端倪，我国应率先提出并且及时启动“中国人工智能 2.0 研究计划”。

二、发展新一代的人工智能具有重大意义

签名：

潘云鹤
陈纯
李飞
吴澄
李伯虎
郑南宁
高飞
何峰
李国柱

讨论稿
李兰娟
谭华
孙永贵
侯云屏
薛建伟
黄铁军
强涛
吴飞
丁峰

“中国人工智能 2.0 发展战略研究” 研讨会会议纪要

(2016) 一 号

项目办公室

2016 年 5 月 17 日

2016 年 5 月 17 日上午，中国工程院“中国人工智能 2.0 发展战略研究”重大咨询研究项目课题组长及执笔组会议在中国工程院 318 会议室召开。

课题组长潘云鹤院士、李未院士、高文院士、郑南宁院士、吴澄院士、李伯虎院士以及课题执笔人、联系人和项目办公室成员共 19 人出席了会议。会议由项目负责人潘云鹤院士主持。

会议内容纪要如下：

会议对项目办公室提交的《建议我国启动“中国人工智能 2.0”重大科技计划》初稿内容进行了讨论。

根据院士专家反馈意见，研讨会从“人工智能技术的突破”、“发展人工智能的重大意义”和“建议启动人工智能 2.0 重大科技计划”三个方面对建议书初稿进行了详细讨论。

潘云鹤院士要求各个课题按照研讨会意见，对建议书进一步修改，尽快形成建议书终稿，递交国家有关部门。

主 持：潘云鹤

出 席：潘云鹤、李 未、高 文、郑南宁、吴 澄、李伯虎、李仁涵、吴 飞、吴文峻、黄铁军、薛建伟、张 涛、侯宜存、



《中国人工智能2.0发展战略研究》重大咨询项目建议书得到国家高度重视

- 2016年7月17日，项目组在上海听取和学习中央领导同志对《建议我国启动“中国人工智能2.0”重大科技计划》建议书的批示精神。

中国工程院

关于召开“中国人工智能2.0发展战略研究” 重大咨询项目研讨会的通知

各位院士、专家：

根据项目组研究，定于2016年7月17日15:00-18:00召开“中国人工智能2.0发展战略研究”重大咨询项目研讨会，会议地点为上海衡山饭店（上海市衡山路534号）4楼衡山厅。项目顾问徐匡迪、周济院士将参加会议，会议由潘云鹤院士主持，敬请各位出席。

附 件：参会回执

联系人：

张丽莉 13774243513, zhangli@cae-shc.gov.cn

陈 磊 010-59300105, 15010362591, cl@cae.cn

范桂梅 010-59300339, 18611125395, fgm@cae.cn

“人工智能 2.0”项目办公室
（中国工程院三局代章）

2016 年 7 月 12 日

参加 7.17 上海会议人员情况报告

（上海衡山宾馆衡山厅，下午 3：00）

- 1、项目顾问：徐匡迪主席、院士
- 2、项目顾问：周济院长、院士，另两位项目顾问（王志刚书记和陈左宁院士）正在联系中
- 3、项目负责人：潘云鹤院士
- 4、综合组和第一课题组（基于大数据的人工智能）：陈纯院士、吴朝晖校长、庄越挺教授、吴飞教授
- 5、第二课题组（基于互联网的群体智能的理论、方法与技术）：李术院士（中科院院士）、吴文俊教授
- 6、第三课题组（跨媒体推理）：组长高文院士 11 日-21 日在美国，执笔人黄铁军教授在新加坡出差，课题组成员田永海教授参加
- 7、第四课题组（人机协同的混合智能）：郑南宁院士、薛建儒教授
- 8、第五课题组（自主式高级无人系统）：吴澄院士
- 9、第六课题组（人工智能 2.0 的创新应用）李伯虎院士、侯宝存教授
- 10、上海院士中心主任杨胜利院士
- 11、工程院项目办公室及有关工作人员：李仁涵、邵剑翔、胡楠、张松、范桂梅、陈磊

（注：以上名单统计为截止到 7 月 12 日上午 9：30 点）

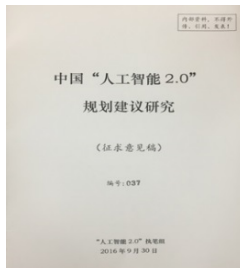
人工智能技术的迅速发展将深刻改变人类社会生活、改变世界

中国人工智能2.0与新一代人工智能发展历程 (2015.7-2017.4)



- 2015年7月，徐匡迪院士、周济院士与潘云鹤院士讨论AI2.0
- 2015年12月，中国工程院批准潘云鹤院士主持的《“中国人工智能2.0发展战略研究”》重大咨询项目
- 2016年3月-5月，重大咨询项目启动会召开、向中央提交《建议我国启动“中国人工智能2.0”重大科技计划》

2016年9月，“中国人工智能2.0”规划建议研究和专家委员会成立大会



- 2017年7月，经过国家科技体制改革和创新体系建设领导小组、国务院常务会议、中央政治局常委会审议，《新一代人工智能发展规划》向社会公布
- 2017年11月，科技部宣布全面启动实施新一代人工智能重大科技项目，成立国家新一代人工智能战略咨询委员会



- 2018年4月，中国人工智能2.0咨询项目验收

2015年

2016年

2017年

2018年



新一代人工智能重大科技项目成立项目专家委员会

新一代人工智能战略咨询委员会 (项目专家委员会) 名单

组 长:

潘云鹤 工程院原常务副院长, 工程院院士

成 员:

陈 纯 浙江大学软件学院原院长, 工程院院士
李 未 北京航空航天大学原校长, 中科院院士
高 文 北京大学信息与工程学部主任, 工程院院士
郑南宁 西安交通大学原校长, 工程院院士
吴 澄 清华大学, 工程院院士
李伯虎 航天科工二院科技委员会常务副主任, 工程院院士
吕跃广 军委科技委常委委员, 工程院院士
梅 宏 北京理工大学副校长, 工程院院士
曹雪涛 中国医学科学院院长, 工程院院士
王天然 中科院沈阳自动化研究所学术委员会主任, 工程院院士
吕 建 南京大学副校长, 中科院院士
吴志强 同济大学副校长, 工程院院士
黄 如 北京大学信学院院长, 中科院院士
刘 明 中科院微电子所, 中科院院士
徐宗本 西安交通大学数学与统计学院, 中科院院士
吴曼青 中国电子科技集团总工, 工程院院士
徐 波 中科院自动化所所长, 研究员

李 斌	交通部公路科学研究所主任, 研究员
赵春江	国家农业信息化工程技术中心主任, 研究员
刘 忠	国防科技大学, 教授
薛 澜	清华大学公共管理学院院长, 教授
闵万里	阿里云人工智能首席科学家
王海峰	百度公司副总裁
姚 星	腾讯公司副总裁
胡 郁	科大讯飞股份有限公司、执行总裁
余 凯	地平线机器人公司创始人、CEO



科技创新2030-重大项目

- 以2030年为时间节点，体现国家战略意图的重大科技项目和重大工程，集中力量组织实施

6个重大科技项目

航空发动机及燃气轮机

量子通讯与量子计算机

国家网络空间安全

脑科学与类脑研究

深海空间站

深空探测及空间飞行器
在轨服务与维护系统

9个重大工程

种业自主创新

煤炭清洁高效利用

智能电网

天地一体化信息网络

大数据

智能制造和机器人

重点新材料研发与应用

京津冀环境综合治理

健康保障

新增1个

科技创新2030—重大项目新添“人工智能2.0”



三步走、四大任务、五大智能技术方向

2020: 同步

2025: 部分领先

2030: AI创新中心

三步走

1. 构建科技创新体系
2. 把握技术属性和社会属性
高度融合
3. “三位一体”推进
4. 支撑国家发展

四大任务

大数据智能

群体智能

跨媒体智能

混合增强智能

自主无人系统

五大智能技术

推动人工智能迈向2.0时代



大数据智能

■ 从人工知识表达技术到大数据驱动知识学习

群体智能

■ 从聚焦研究“个体智能”到基于互联网络的群体智能

跨媒体智能

■ 从处理单一类型媒体数据到跨媒体认知、学习和推理

混合增强智能

■ 从追求“机器智能”到迈向人机混合的增强智能

自主无人系统

■ 从机器人到智能自主系统

新一代人工智能中五大智能技术新方向

2018年10月12日新一代人工智能2018年指南正式发布



新一代人工智能 基础理论

1. 新一代神经网络模型
2. 面向开放环境的自适应感知
3. 跨媒体因果推断
4. 非完全信息条件下的博弈决策
5. 群智涌现机理与计算方法
6. 人在回路的混合增强智能
7. 复杂制造环境下的协同控制与决策理论方法

面向重大需求的 关键共性技术

1. 可泛化的领域知识学习与计算引擎
2. 跨媒体分析推理技术系统
3. 认知任务下的场景主动感知技术
4. 面向群体化软件开发的群智激发汇聚研究
5. 人机协同软硬件技术研究
6. 无人系统自主智能精准感知与操控
7. 自主智能体的灵巧精准操作学习

智能芯片 与系统

1. 新型感知器件与芯片
2. 神经网络处理器关键标准与验证芯片





中国人工智能2.0发展战略研究(共计十章)

中国人工智能 2.0 发展战略研究

Strategic Research on
Artificial Intelligence 2.0
in China

上册

中国人工智能2.0发展战略研究项目组

序

随着互联网的普及、传感网的渗透、大数据的涌现、信息社区的崛起,数据和信息在人类社会、物理空间和信息空间之间的交叉融合与相互作用,以及大众创业和万众创新浪潮的涌动,新技术、新产业和新业态不断涌现,信息技术正深刻改变着人类的生产和生活,使人类社会由信息化时代步入智能化阶段。

与三十年前的人工智能——我们称之为“人工智能1.0”相比,当前人工智能已进入一个崭新的发展阶段——“人工智能2.0”时代。“人工智能2.0”的主要技术变化是:从早期的知识工程到当今的数据驱动学习,人工智能的学习方式正转化为数据驱动与知识工程相结合,从表象和特征的机器学习到机器综合推理;从利用类型单一的结构化数据到深度整合多种媒体的非结构化数据,人工智能正在跨入跨媒体感知、学习和推理的深层次;从早期以“机器为中心”到人机和脑机交互技术,人工智能正在走向人机混合的增强智能时代;从强调与追求“个体智能”研究,转化为重视基于网络的群体智能,形成群体使能的互联网服务(如百科知识编辑和共享经济等);从机器人到自主智能系统。

未来五到十年,人工智能将引发国民经济、国计民生、国家安全等领域重大变革,成为增强国力的利器。因此,发展人工智能时不我待。

在与互联网、物联网、大数据、多媒体、虚拟现实结合后,人工智能将从原有的机器智能转向群体智能与人机融合智能以解决人类社会面临的各种难题,践行从数据到知识,从知识到预测、规划、决策等智能的巨大升级。人工智能的基础性研究突破将引发其他科学技术的链式突破,成为整个科学技术发展的新资源、新支撑。在日益激烈的竞争中,掌握人工智

前言

为了给国家人工智能(artificial intelligence, AI)发展提供政策咨询,中国工程院于2015年12月批准启动了“中国人工智能2.0发展战略研究”重大咨询研究项目,该项目得到了原中国工程院两位院长——徐匡迪院士、周济院士,以及科技部部长王志刚的大力支持,他们也都担任了项目顾问。

为了推动该咨询项目,项目被分为1个综合课题(负责项目综合汇总)和6个子课题。6个子课题分别是大数据智能、群体智能、跨媒体智能、混合增强智能、智能无人系统、智能应用(含智能制造、智能城市、智能农业和智能医疗4个方面)。

“中国人工智能2.0发展战略研究”重大咨询研究项目启动后,立即得到了党和国家领导人的高度重视。在科技部和工程院的领导下,项目组完成了《新一代人工智能规划建议研究报告》和《新一代人工智能重大科技项目实施方案》的编制工作。

2017年7月20日,《国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知》(国发〔2017〕35号)对外发布。2018年10月12日,《科技部关于发布科技创新2030—“新一代人工智能”重大项目2018年度项目申报指南的通知》(国科发资〔2018〕208号)正式发布。

今天,新一代人工智能已在全球范围内蓬勃兴起。它作为新一轮产业变革的核心驱动力,正促进人类社会生活、生产和消费模式产生变革,为经济社会发展提供新动能,推动经济社会高质量发展,并加速新一轮科技革命和产业变革进程。人工智能技术发展将深刻改变人类生活、改变世界,要在此高科技领域加快部署。

人工智能是国家战略竞争的科技制高点。我们要重视人工智能的多学科

目录

CONTENTS

第1章 人工智能2.0概述 / 1

- 1.1 人工智能60年发展历程 / 3
- 1.2 促进人工智能走向2.0的外在动力 / 4
- 1.3 人工智能2.0的构成 / 6
- 1.4 人工智能2.0研究历程 / 8
- 1.5 人工智能2.0专刊论文 / 10
- 1.6 结 论 / 13
- 参考文献 / 13

第2章 大数据智能 / 15

- 2.1 内容概述 / 17
- 2.2 大数据智能基础理论 / 18
 - 2.2.1 智能融合计算 / 18
 - 2.2.2 以自然语言理解为核心的认知方法 / 23
 - 2.2.3 综合推理与创意人工智能 / 27
 - 2.2.4 非完全信息下的智能决策基础理论与框架 / 35
 - 2.2.5 通用智能数学模型与算法理论 / 38
- 2.3 大数据智能关键技术 / 42
 - 2.3.1 知识计算引擎 / 42
 - 2.3.2 可视交互引擎 / 45
 - 2.3.3 创新设计知识服务技术 / 49
 - 2.3.4 数字创意知识服务技术 / 53
 - 2.3.5 以可视媒体为核心的商业智能知识服务技术 / 56

徐匡迪

2018年5月

潘云鹤

2018年11月



《新一代人工智能发展规划》对教育的要求提法：

在战略态势、重点任务、保障措施三个方面出现18次“教育”字眼

战略态势(出现1次)		...人工智能在 教育 、医疗、养老、环境保护、城市运行、司法服务等领域广泛应用...
重点任务(出现12次)	人工智能创新平台	在线智能 教育 平台
	完善人工智能教育体系-建设人工智能学科	1)把高端人才队伍建设作为人工智能发展的重中之重，坚持培养和引进相结合，完善人工智能 教育体系 ，加强人才储备和梯队建设，特别是加快引进全球顶尖人才和青年人才，形成我国人工智能人才高地。
		2) 鼓励高校在原有基础上拓宽人工智能 专业教育 内容，形成“人工智能+X”复合专业培养新模式，重视人工智能与数学、计算机科学、物理学、生物学、心理学、社会学、法学等 学科专业教育 的交叉融合
	建设安全便捷的智能社会-发展便捷高效的智能服务	1) 围绕 教育 、医疗、养老等迫切民生需求，加快人工智能创新应用，为公众提供个性化、多元化、高品质服务。
		2) 智能教育 。利用智能技术加快推动人才培养模式、教学方法改革，构建包含智能学习、交互式学习的新型 教育体系 。开展智能校园建设，推动人工智能在教学、管理、资源建设等全流程应用。开发立体综合教学场、基于大数据智能的 在线学习教育平台 。开发 智能教育助理 ，建立智能、快速、全面的 教育分析系统 。建立以学习者为中心的 教育环境 ，提供精准推送的 教育服务 ，实现 日常教育 和 终身教育定制化 。（一共9处）
保障措施(出现2次)	完善支持人工智能发展的重点政策	研究完善适应人工智能的 教育 、医疗、保险、社会救助等政策体系
		实施全民智能 教育项目 ，在中小学阶段设置人工智能相关课程，逐步推广 编程教育

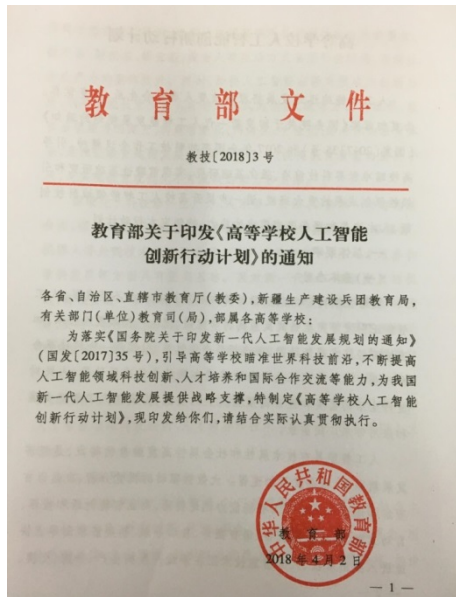


教育部发布《高等学校人工智能创新行动计划》、凸显教育与人才培养

- 优化高校人工智能领域科技创新体系
- 完善人工智能领域人才培养体系
- 推动高校人工智能领域科技成果转化与示范应用

三个大类、十八项重点任务、

三个细化专栏



**教育部召开新闻发布会解读
《高等学校人工智能创新行动计划》
(2018.6.11)**



教育部2018年7月26日组建教育部人工智能科技创新专家组

教育部人工智能科技创新专家组咨询组专家名单

序号	姓名	职称/职务	备注
1	潘云鹤	工程院原常务副院长、工程院院士	组 长
2	高 文	自然科学基金委原副主任、工程院院士	副组长
3	郑南宁	西安交通大学原校长、工程院院士	副组长
4	尤 政	清华大学副校长、工程院院士	
5	董 奇	北京师范大学校长、教授	
6	房建成	北京航空航天大学副校长、中科院院士	
7	梅 宏	北京理工大学副校长、中科院院士	
8	龚 克	南开大学原校长、世界工程组织联合会候任主席、中国新一代人工智能发展战略研究院执行院长	
9	李元元	吉林大学校长、工程院院士	
10	毛军发	上海交通大学副校长、中科院院士	
11	陈 杰	同济大学校长、工程院院士	
12	任友群	华东师范大学教授	
13	吕 建	南京大学校长、中科院院士	
14	吴朝晖	浙江大学校长、中科院院士	
15	郝 跃	西安电子科技大学原副校长、中科院院士	
16	聂再清	阿里巴巴达摩院人工智能实验室北京研发中心负责人	
17	王海峰	百度高级副总裁、人工智能技术平台体系总负责人	
18	贾佳亚	腾讯优图实验室总经理、教授	
19	王 卓	科大讯飞股份有限公司副总裁	
20	潘天佑	微软亚洲研究院副院长	

教育部人工智能科技创新专家组工作组专家名单

序号	姓名	单位	备注
1	吴 飞	浙江大学	组 长
2	黄铁军	北京大学	副组长
3	李 波	北京航空航天大学	副组长
4	朱文武	清华大学	
5	黄荣怀	北京师范大学	
6	欧阳丹彤	吉林大学	
7	刘 挺	哈尔滨工业大学	
8	薛向阳	复旦大学	
9	杨小康	上海交通大学	
10	钱卫宁	华东师范大学	
11	周志华	南京大学	
12	吴 砥	华中师范大学	
13	薛建儒	西安交通大学	
14	焦李成	西安电子科技大学	

提纲

- 1、人工智能的源头发展
 - 2、迈向新一代人工智能
 - 3、人工智能的学科交叉态势与挑战
 - 4、总结
- 

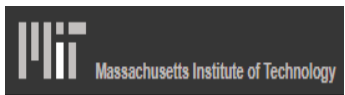
人工智能颇具多学科交叉内禀



《人工智能颇具多学科交叉内禀》
(The multidisciplinary nature of machine intelligence)

Editorial	More than machines
Articles	Differential game theory for versatile physical human-robot interaction
	Long short-term memory networks in memristor crossbar arrays
	Designing neural networks through neuroevolution
	Learnability can be undecidable
	Causal deconvolution by algorithmic generative models
Perspective	The need for uncertainty quantification in machine-assisted medical decision making
	Evolving embodied intelligence from materials to machines
Views and comments	- Robots and the return to collaborative intelligence - Ask this robot for a helping hand - A role for analogue memory in AI hardware - Bridging near- and long-term concerns about AI - Waking up to data challenges

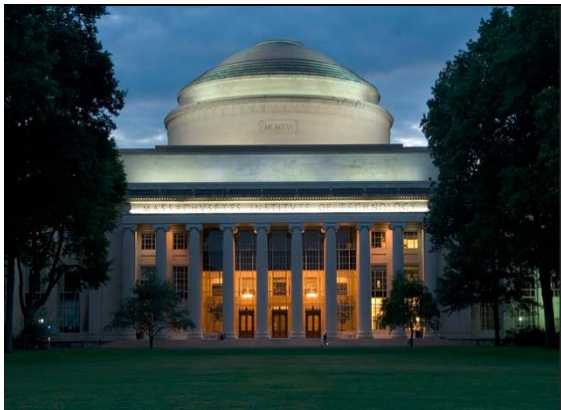
人工智能推动学科交叉、重塑人才培养模式



MIT reshapes itself to shape the future

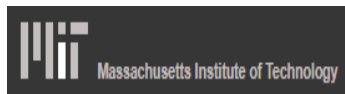
MIT于10月16日宣布，投资十亿美元建设新的计算机学院，致力于将计算机技术以及人工智能纳入所有研究领域，同时寻求改变计算和人工智能相关的公共政策和道德研究教育。

make AI part of every graduate's education



- 2019年秋季学期正式启动新学院
- 将计算机和人工智能力量带到 MIT所有学习领域
- 创造 50 个跨越新学院和其它学系的新教师职位
- 为 MIT五个学院建设公共合作结构，用于计算机和人工智能领域的教育、研究和创新
- 改变关于计算机和人工智能公共政策和道德方面教育和研究

人工智能推动学科交叉、重塑人才培养模式



MIT reshapes itself to shape the future

新学院的50个教职员中有一半将专注于推进计算机科学研究，另一半将由新学院和MIT其他学院联合任命。

- Fifty faculty positions will be added over the next five years. 25 of these faculty positions will be located fully within the new MIT Schwarzman College of Computing; the other 25 new faculty will hold “**bridge**” positions — dual appointments between the College and academic departments located in any of MIT’s five schools.

6-14: Bachelor of Science in Computer Science, Economics and Data Science	Linear Algebra, Discrete Math, Probability and Statistics, Computation and Algorithms, Data Science, Intermediate Economics, Elective subjects from data science and economics theory, Communications practice in the major
6-7: Bachelor of Science in Computer Science and Molecular Biology	Math, Chemistry, Foundational CS, Foundational Bio, Restricted Electives in Comp Bio
11-6: Bachelor of science in urban science and planning with computer science	Introduction to Computer Science and Programming, Mathematics for Computer Science, Introduction to Algorithms, Fundamentals of Programming, Elements of Software Construction, Introduction to Urban Design and Development, Urban and Environmental Technology Implementation Lab, Urban Planning and Social Science Laboratory (CI-M), 从人工智能模块或者推理模块进行选择1个模块

卡耐基梅隆大学Artificial Intelligence Initiative: 设立人工智能本科专业(2018.9)



Math and Statistics Core (6 Courses)	Math Foundations of Computer Science, Differential and Integral Calculus, Integration and Approximation, Matrices and Linear Transformations, Probability Theory for Computer Scientists, Modern Regression
Computer Science Core (6 courses)	Computer Science Core: Freshman Immigration Course; Principles of Imperative Computation; Principles of Functional Programming; Parallel and Sequential Data Structures and Algorithms; Introduction to Computer Systems; Great Theoretical Ideas in Computer Science
Artificial Intelligence Core (4 Courses)	Concepts in Artificial Intelligence; Introduction to AI Representation and Problem Solving; Introduction to Machine Learning; Take one of the following courses: Introduction to Natural Language Processing or Introduction to Computer Vision

- Computer Science Department
- Human-Computer Interaction Institute
- Institute for Software Research
- Language Technologies Institute
- Machine Learning Department
- Robotics Institute

参与AI本科专业人才培养的CMU校内机构



人工智能本科专业课程的7个类别

卡耐基梅隆大学人工智能本科专业的16门必修课程



人工智能人才培养要强化专业化意识、克服知识体系碎片化与空心化



Math (26 Units)	Mathematical Foundations of Computing, Probability, Calculus
Science (11 units):	PHYSICS 41(Mechanics), PHYSICS 43(Electricity and Magnetism)
Technology in Society	one course
Engineering Fundamentals (13 units)	Programming Abstractions, Electronics
Computer Science Core (15 units)	Computer Organization and Systems, Principles of Computer Systems, Data Structures and Algorithms
Computer Science Depth(30 units) (设置了十条跑道)	Artificial Intelligence Track(29 units), Biocomputation (30 units), Computer Engineering Track(36 units),Graphics track(29 units), Human-Computer Interaction Track(29 units),information track(31 units),system tracks (28 units), theory track(27 units),Unspecialized Track(28 units), Individually Designed Track

卡耐基梅隆大学人工智能本科
专业课程体系

AI
本科知识体系



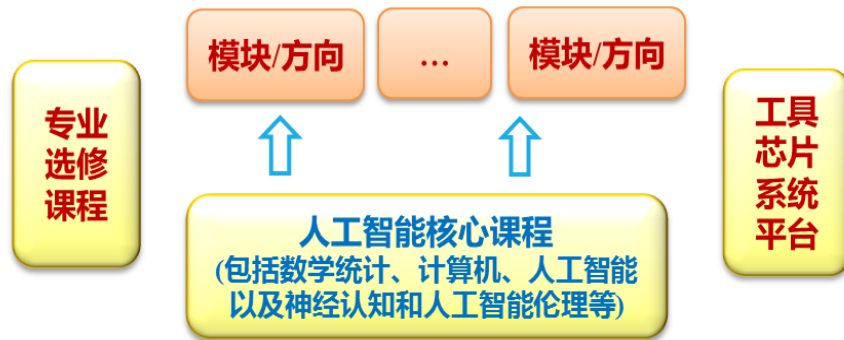
CS
本科知识体系

斯坦福大学计算机科学本科
课程体系：核心+跑道



人工智能人才培养要强化专业化意识、克服知识体系碎片化与空心化

支撑“智能+X”经济社会应用（如教育、医疗、金融、制造、农业、城市、法律等应用）



厘清内涵、促进交叉、赋能应用

“人工智能”与“AI+教育”成为基础研究对象



国家自然科学基金委的F06（人工智能）和F0701（教育信息科学与技术）

人工智能基础
机器学习
机器感知与模式识别
自然语言处理
知识表示与处理
智能系统与应用
认知与神经科学启发的人工智能

F06人工智能七个方向

F070101 教育信息科学基础理论与方法

F070102 在线与移动交互学习环境构建

F070103 虚拟与增强现实学习环境

F070104 教学知识可视化

F070105 教育认知工具

F070106 教育机器人

F070107 教育智能体

F070108 教育大数据分析与应用

F070109 学习分析与评测

F070110 自适应个性化辅助学习

F0701 教育信息科学与技术

人工智能MOOC课程与教材工作



2018年11月5日开始，在中国大学MOOC开设《人工智能：模型与算法》，一共有21329人选课

人工智能：模型与算法

分享

第1次开课

开课时间：2018年11月05日 ~ 2019年01月11日

当前开课已结束

学时安排：1-1.5小时每周

已有21329人参加



授课老师



吴飞
教授

<https://www.icourse163.org/course/ZJU-1003377027>

人工智能概述

搜索求解

逻辑与推理

统计机器学习

深度学习

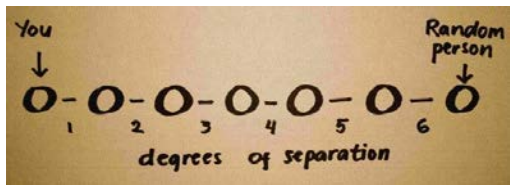
强化学习

人工智能博弈

人工智能与教育的交叉融合：可计算教育学

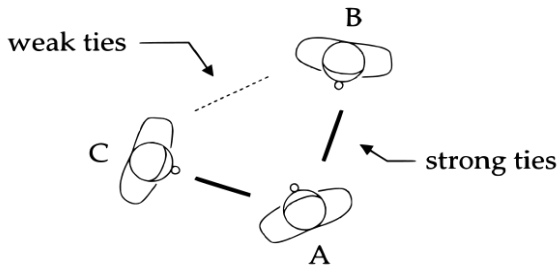


以可计算社会学为例：以计算手段来模拟、仿真与分析社会现象



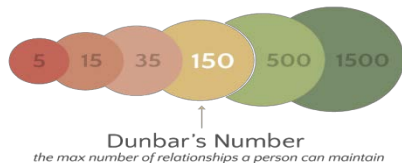
六度分割理论

Stanley Milgram. The small world problem. *Psychology Today*, 2(1):60–67, 1967. Cited by 6967 (as of May 2016)



弱链接优势

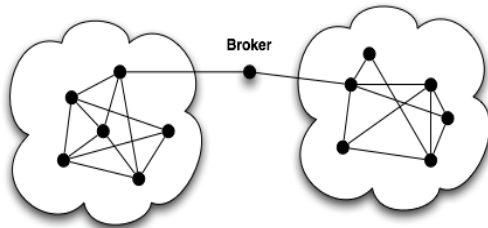
Granovetter, Mark S. The strength of weak ties. *American journal of sociology* 78.6 (1973): 1360-1380. Cited by 43186 (as of April 2017)



邓巴数字即150定律：人类智力所允许稳定网络社交人数150人，

Facebook社区用户平均好友人数是120人

Robin I. M. Dunbar. Neocortex size as a constraint on group size in primates. *Journal of Human Evolution* 22 (6): 469–493. Cited by 1393 (as of May 2016)



结构洞：位置比关系更重要

Ronald S. Burt. *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge: Harvard University Press. 1995. Cited by 20207 (as of May 2016)

以可计算社会学为例：超越观察与实验，以计算手段来模拟、仿真与分析社会现象

时间 (年)	人 物	事 件
1793	Eüler	七桥问题
1959	Erdős和Rényi	随机图理论
1967	Milgram	小世界实验（六度空间）
1973	Granovetter	弱连接的强度
1998	Watts和	小世界模型
1999	Strogatz	无尺度网络
	Barabási和 Albert	

Lars Backstrom, et. al., *Four Degrees of Separation*,
<http://arxiv.org/abs/1111.4570> (最大规模小世界验证计算)

Computational Social Science

David Lazer,¹ Alex Pentland,² Lada Adamic,³ Sinan Aral,^{1,4} Albert-László Barabási,⁵
Devon Brewer,⁶ Nicholas Christakis,⁷ Noshir Contractor,⁸ James Fowler,⁹ Myron Gutmann,³
Tony Jebara,³ Gary King,¹ Michael Macy,¹⁰ Deb Roy,² Marshall Van Alstyne^{1,11}

We live life in the network. We check our e-mails regularly, make mobile phone calls from almost any location, swipe transit cards to use public transportation, and make purchases with credit cards. Our movements in public places may be captured by video cameras, and our medical records stored as digital files. We may post blog entries accessible to anyone, or maintain friendships through online social networks. Each of these transactions leaves digital traces that can be compiled into comprehensive pictures of both individual and group behavior, with the potential to transform our understanding of our lives, organizations, and societies.

The capacity to collect and analyze massive

ment agencies such as the U.S. National Security Agency. Computational social science could become the exclusive domain of private companies and government agencies. Alternatively, there might emerge a privileged set of academic researchers presiding over private data from which they produce research that cannot be

is a new emerging one that leverages one's capacity to collect and analyze data at a scale that may reveal patterns of individual and group behaviors.

critiqued or replicated. Neither scenario will serve the long-term public interest of accumulating, verifying, and disseminating knowledge.

What value might a computational social science—based in an open academic environment—offer society, by enhancing understanding of individuals and collective? What are the

美国 Harvard University 的 David Lazer 等人在《Science》杂志发表论文也认为需建立可计算模型 (Computational Model) 来理解现实世界。

...a computational social science is emerging that leverages the capacity to collect and analyze data with an unprecedented breadth and depth and scale

blogosphere. Shown is a link structure within a community of political blogs (from 2004). Nodes indicate conservative blogs, and blue liberal. Orange links go from liberal to conservative, and blue from conservative to liberal. The size of each blog reflects the number of other blogs that it is linked to (with permission from the Association for Computing Machinery).

David Lazer, et. al., *Computational Social Science*, *Science*, 323,721-723, 2009

人工智能与教育的交叉融合：可计算教育学



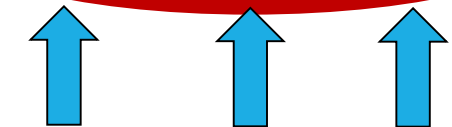
人工智能与教育

个体与社会
学习主体与主体环境

数据与知识
学习的媒介

人 - 机协同
学习的特点

理解和应用可计算
方法

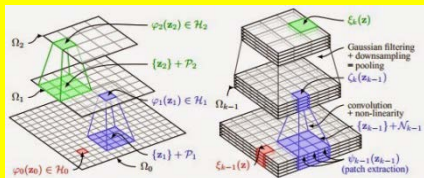


社会规律、认知模式、
学习手段等

人工智能与教育的交叉融合：可计算教育学



众包数据



数据驱动方法



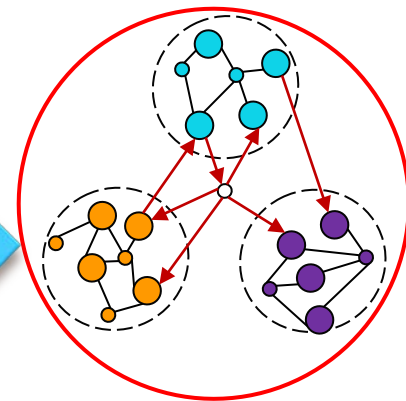
已有知识

$$\frac{\partial}{\partial a} \ln f_{a, \sigma^2}(\xi_1) = \frac{(\xi_1 - a)}{\sigma^2} f_{a, \sigma^2}(\xi_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(\xi_1 - a)^2}{2\sigma^2}\right) \frac{(\xi_1 - a)}{\sigma^2}$$
$$\int \tau(x) \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} f(x, \theta) dx = M\left(\tau(\xi) \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \ln \mu(\xi, \theta)\right)$$

群智模型

知识学习

Human
involved



服务与决策



人工智能至小有内、至大无外，以学科交叉推动人工智能教育的理论和方法创新

MIT COURSE CATALOG

Bulletin 2018-2019

Computer Science, Economics, and Data Science (Course 6-14)

Required Subjects		Units
<i>Mathematics</i>		
18.06	Linear Algebra	12
<i>Computation/Algorithms</i>		
6.0001	Introduction to Computer Science Programming in Python	6
6.009	Fundamentals of Programming ¹	12
6.006	Introduction to Algorithms	12
6.042[J]	Mathematics for Computer Science	12
6.046[J]	Design and Analysis of Algorithms	12
<i>Economics</i>		
14.01	Principles of Microeconomics ²	12
14.32	Econometric Data Science	12
<i>Introductory Probability and Statistics</i>		
Select one of the following:		12
6.041A & 6.041B	Introduction to Probability I and Introduction to Probability II	
14.30	Introduction to Statistical Methods in Economics	
18.600	Probability and Random Variables	
<i>Data Science</i>		
6.036	Introduction to Machine Learning	12

人工智能

观察脑、认识脑、仿真脑、
控制脑、人文化脑



需要新数学模型

需要可计算的认知模型

需要控制、博弈等方法支持

需要人文社科支持



问题(1): 人类常识知识支持下顿悟与直觉

2 billion dollars over the next five years

Machine Common Sense (MCS)

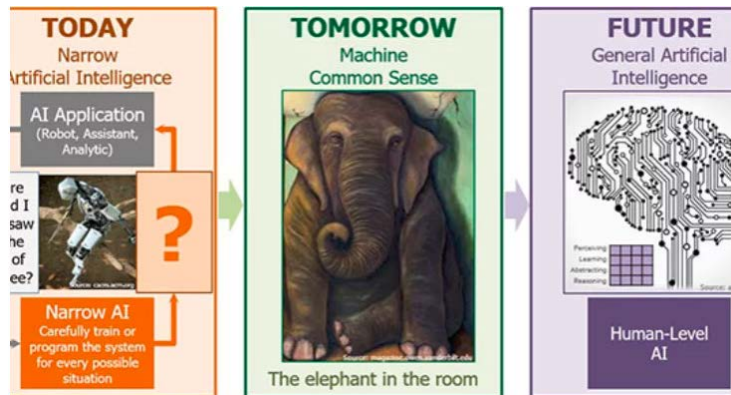
Department of Defense

Defense Advanced Research Projects Agency

Information Innovation Office

Oct 19, 2018

DARPA is soliciting innovative research proposals in the area of machine common sense to enable Artificial Intelligence (AI) applications to understand new situations, monitor the reasonableness of their actions, communicate more effectively with people, and transfer learning to new domains. Proposed research should investigate innovative approaches that enable revolutionary advances in science, devices, or systems. Specifically excluded is research that primarily results in evolutionary improvements to the existing state of practice.



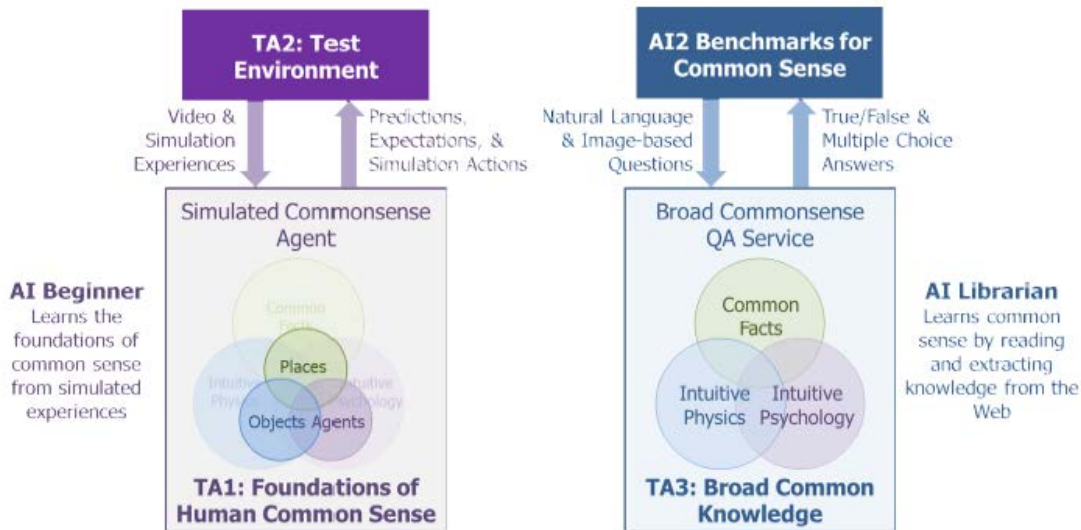
见一叶落，而知岁之将暮；审堂下之阴，而知日月之行，阴阳之变；见瓶水之冰，而知天下之寒，鱼鳖之藏也

《淮南子说山训》

问题(1): 人类常识知识支持下顿悟与直觉

Machine Common Sense (MCS)

- **Foundations of Human Common Sense:** a service that learns from experience, like a child, to construct computational models that mimic the core domains of cognition for objects (intuitive physics), places (spatial navigation), and agents (intentional actors). These models will be evaluated against the cognitive development milestones as evidenced in developmental psychology experiments with human children from 0-18 months old.
- **Broad Common Knowledge:** a service that learns from reading the Web, like a research librarian, to construct a commonsense knowledge repository capable of answering natural language and image-based questions about commonsense phenomena. This service will mimic the general knowledge of an average American adult in 2018, and be evaluated against the Allen Institute for Artificial Intelligence (AI2) Common Sense Benchmarks.



常识是人工智能的黑洞

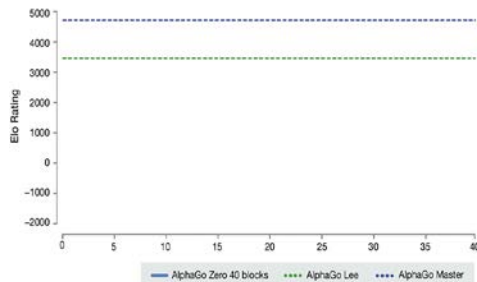
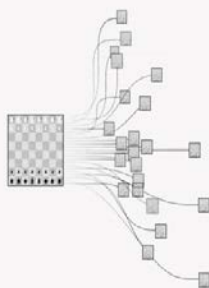
Common sense is the dark matter of artificial intelligence

问题(2): 元学习(meta-learning)理论: “利用与探索” 的多巴胺神经计算机制

多巴胺 (dopamine, 神经传导物质, 快乐信号, 2000年诺贝尔医学奖) 在人脑学习过程中“周旋”于已得回报和预期回报

starting *tabula rasa*
(一张白纸绘蓝图)

多巴胺奖励信号不仅是对权重进行调整, 它还负责编码、传递抽象任务与规则结构的重要信息, 从而使快速任务适应成为可能。



AlphaGo Zero: 深度学习、蒙特卡洛树搜索、强化学习,
40天训练、2900万次自我对弈, 89:11击败AlphaGo
Master

Prefrontal cortex as a meta-reinforcement learning system

Jane X Wang, Zeb Kurth-Nelson, Dharshan Kumaran, Dhruva Tirumala, Hubert Soyer, Joel Z Leibo, Demis Hassabis, Matthew Botvinick
doi: <https://doi.org/10.1101/295964>

Now published in *Nature Neuroscience* doi: 10.1038/s41593-018-0147-8

Abstract

Info/History

Metrics

Preview PDF

Abstract

Over the past twenty years, neuroscience research on reward-based learning has converged on a canonical model, under which the neurotransmitter dopamine 'stamps in' associations between situations, actions and rewards by modulating the strength of synaptic connections between neurons. However, a growing number of recent findings have placed this standard model under strain. In the present work, we draw on recent advances in artificial intelligence to introduce a new theory of reward-based learning. Here, the dopamine system trains another part of the brain, the prefrontal cortex, to operate as its own free-standing learning system. This new perspective accommodates the findings that motivated the standard model, but also deals gracefully with a wider range of observations, providing a fresh foundation for future research.

Prefrontal cortex as a meta-reinforcement learning system, *Nature Neuroscience*, 2018

问题(2): 元学习(meta-learning)理论: “利用与探索” 的多巴胺神经计算机制

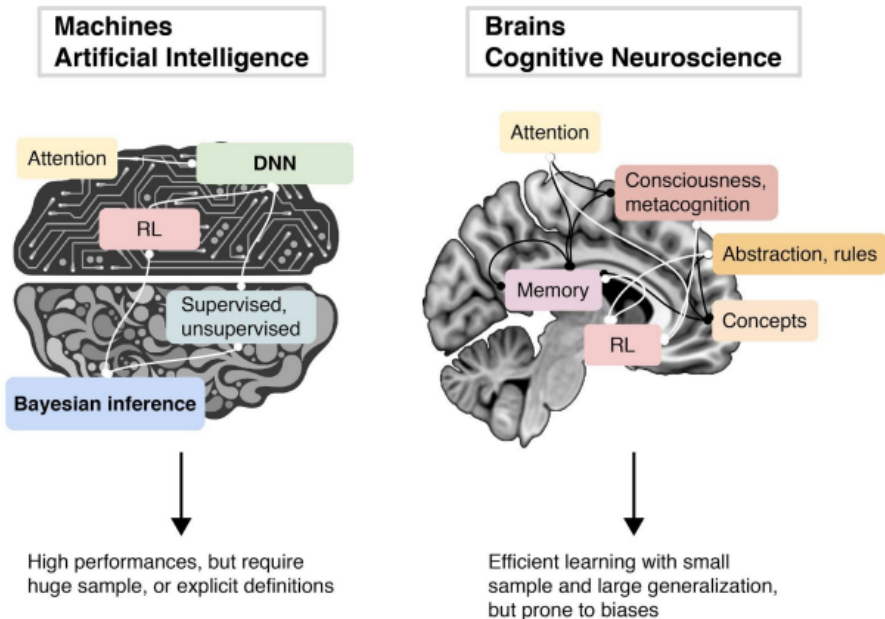


神经启发

认知可解

计算可行

- 基于结构和模型的学习是如何发生在脑中的
- 为什么多巴胺本身就编码模型信息
- 前额叶皮质的神经元是如何调节学习信号的



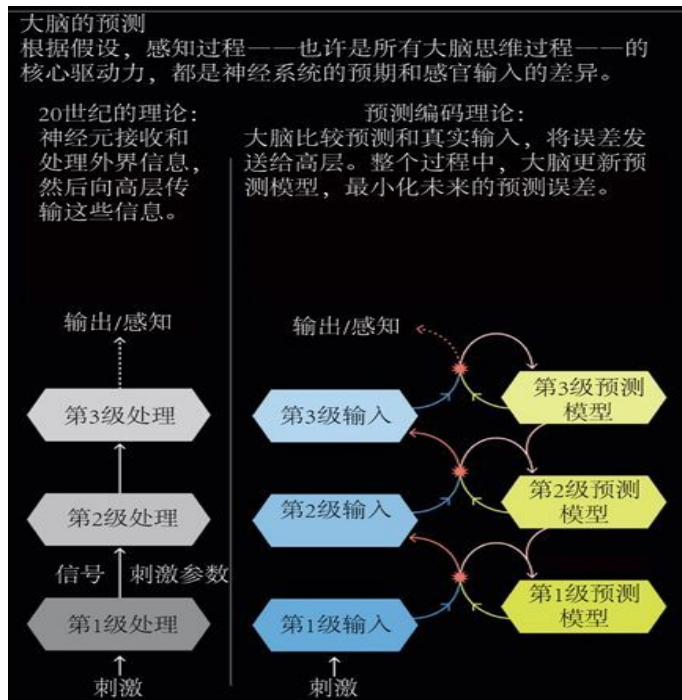
General schematic, solutions to complex problems in artificial intelligence and nature (brains). Higher cognitive functions continuously interact between them and with reinforcement learning to drive generalization and learning from small sample



问题(3): 大脑的贝叶斯模型和因果推理

认知科学：大脑将外界信息计算得到概率赋予其所主动构建的“世界假设”，并加以调整优化。即比较“现有经验”和“未来期望”。

- 大脑如何在神经回路尺度上进行模型构建和推断，将自底向上与自上而下相结合
- 贝叶斯模型如何整合感知、认知、理性和意识



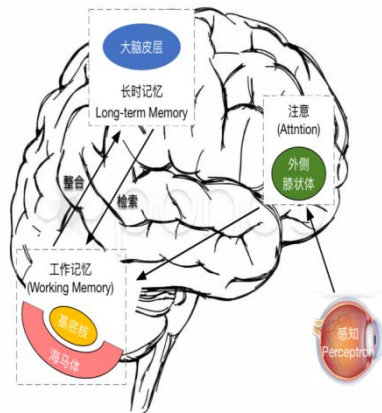
问题(3): 大脑的贝叶斯模型和因果推理

认知科学: 大脑不是在被动等待外界输入信息, 而是主动构建尚未“显性描述”的世界的假设。

关联(association):
直接可从数据中计算得到的统计相关

介入(intervention):
无法直接从观测数据就能得到关系,
如“某个商品涨价会产生什么结果”

反事实(counterfactual):
某个事情已经发生了, 则在相同环境中,
这个事情不发生会带来怎样的新结果



写作要点



从心中空荡荡到零星火花进出

从味如嚼蜡到妙笔生花

从内容制胜到格式优美

立项依据、研究内容与目标及关键科学问题

研究方案及可行性和创新性

参考文献:

1. V. Cerf, Cognitive Implants, *Communications of the ACM*, 57(2):7, 2014
2. L. Chen, T. Xiang, S. Gong, Incremental Activity Modeling in Multiple Disjoint Cameras, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 34(9):1799-1813, 2012
3. C. Elkan, K. Noto, Learning Classifiers from Only Positive and Unlabeled Data, *KDD* 2008
4. J. Fan, H. Luo, H. Luo, Y. Gao, R. Jain, Incorporating Concept Ontology for Hierarchical Video Classification, Annotation, and Visualization, *IEEE Transactions on Multimedia*, 9(5):939-945, 2007
5. Z. Fan, X. Song, R. Shibasaki, CityMomentum: An Online Approach for Crowd Behavior Prediction at a Citywide Level, *UbiComp* 2015
6. A. Gallupa, J. Haleb, D. Sumpter, S. Garnier, A. Kacelnik, J. Krebs, I. Couzina, Visual attention and the acquisition of information in human crowds, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 109 (19): 7245-7250, 2012
7. G. Gkioxari, R. Girshick, J. Malik, Contextual Action Recognition with R*CNN, *ICCV* 2015
8. A. Gorban, H. Idrees, Y. Jiang, A. Zamir, I. Laptev, M. Shah, R. Sukthankar, THUMOS challenge: Action recognition with a large number of classes, 2015
9. B. Hariharan, P. Arbelaez, R. Girshick, J. Malik, Hypercolumns for Object Segmentation and Fine-grained Localization, *CVPR* 2015

容进行介绍。

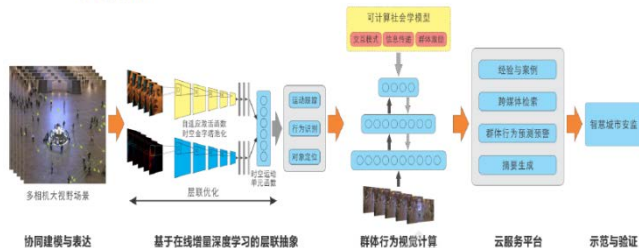


图1 项目研究方案



**谢谢大家！
敬请批评指正**



互联网教育智能技术及应用 国家工程实验室



<http://cit.bnu.edu.cn>



cit@bnu.edu.cn



010-58807205



北京市海淀区学院南路12号 北京师范大学南院 京师科技大厦A座3层和12层



扫描二维码 关注公众号

THANKS